

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATIONS

ÚZKOPÁSMOVÁ PLC KOMUNIKACE S MODEMY YITRAN

NARROWBAND POWER LINE COMMUNICATION WITH YITRAN MODULE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

IVAN CHERNIKAU

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. PETR MLÝNEK, Ph.D.

BRNO 2015



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky a
komunikačních technologií

Ústav telekomunikací

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor

Teleinformatika

Student: Ivan Chernikau

ID: 146017

Ročník: 3

Akademický rok: 2014/2015

NÁZEV TÉMATU:

Úzkopásmová PLC komunikace s modemy Yitran

POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Seznamte se s technologií datové komunikace po silnoprůdém vedení. Pomocí modemů Yitran proveďte sadu měření v laboratorním prostředí. Realizujte aplikaci pro vzdálené řízení koncových zařízení v energetice. Využijte úzkopásmovou PLC komunikaci a modemy Yitran. Výsledná aplikace umožní vzdáleně prostřednictvím silnoprůdého vedení a PLC komunikace ovládat koncové prvky, například relé.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

- [1] CARCELLE, Xavier. Power Line Communications in Practice.: Artech House, 2009. 370 s. ISBN 978-1596933354.
- [2] DOSTERT, Klaus. Powerline Communications. Upper Saddle River, NJ 07458 : Prentice Hall PTR, 2001. 338 s. ISBN 0-13-029342-3.
- [3] Hendrik C. Ferreira, Lutz Lampe. Power Line Communications: Theory and Applications for Narrowband and Broadband Communications over Power Lines. 536 s., 2010. ISBN: 978-0-470-74030-9

Termín zadání: 9.2.2015

Termín odevzdání: 2.6.2015

Vedoucí práce: Ing. Petr Mlýnek, Ph.D.

Konzultanti semestrální práce:

doc. Ing. Jiří Mišurec, CSc.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

Abstrakt

Tato bakalářská práce se převážně věnuje úzkopásmovému přenosu dat energetickými sítěmi nízkého napětí. Byly probrány možnosti, které nám úzkopásmový přenos dat po silnoprůdých vedeních přináší. Pak byly rozebrány možnosti úzkopásmového modemu IT700 společnosti Yitran. V různých režimech byla ověřena komunikace mezi modemy. V praktické části byl změřen vliv spotřebičů na ztrátovost paketů (chybovost přenosu) a vliv vzdálenosti na chybovost a rychlost přenosu. Měření bylo provedeno v běžně používané energetické síti Fakulty elektrotechniky a komunikačních technologií VUT v budově T12. Dále byla realizovaná vlastní aplikace pro vzdálené ovládní relé prostřednictvím silnoprůdého vedení, PLC komunikace a modemů IT700 společnosti Yitran.

Klíčová slova

PLC, modem, úzkopásmový přenos, měření, silnoprůdé vedení.

Abstract

This bachelor's thesis is focused on a narrowband data transmission over power lines. At first, possibilities of the narrowband data transmission over power lines were described. Then we focused on the properties of a narrowband modem Yitran IT700. A communication between modems was tested in different modes. Different dependences were measured (dependence of the data transmission speed on the distance, dependence of the error percentage on the distance and on the impedance). Experiments took place on the usual power lines at the Faculty of Electrical Engineering BUT in the building T12. Then an application for remote control of a relay through power lines on the base of PLC communication and Yitran modems was designed and implemented.

KEY WORDS

PLC, modem, narrowband data transmission, measuring, power line.

CHERNIKAU, I. *Úzkopásmová PLC komunikace s modemy Yitran: bakalářská práce.*
Brno: FEKT VUT v Brně, 2015. 51 stran, 1 příloha. Vedoucí práce Ing. Petr Mlýnek, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci na téma „Úzkopásmová PLC komunikace s modemy Yitran“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

Brno

.....
(podpis autora)

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Petru Mlýnkovi, Ph.D. za odborné vedení, konzultace a podnětné návrhy k práci.

Brno

.....

(podpis autora)

PODĚKOVÁNÍ

Výzkum popsany v této bakalářské práci byl realizován v laboratořích podpořených z projektu SIX registrační číslo CZ.1.05/2.1.00/03.0072, operační program Výzkum a vývoj pro inovace.

Brno

.....

(podpis autora)

Obsah

ÚVOD.....	11
1 Power Line Communication.....	12
1.1 Základní rozdělení PLC	12
2 Přístupová síť PLC	13
2.1.1 Centrální řídicí stanice.....	13
2.1.2 Koncentrátor	13
2.1.3 PLC modem.....	13
2.1.4 Opakovač	13
3 Přehled modemu Yitran IT700.....	14
3.1 Popis modemu Yitran IT700 a jeho konektorů.....	14
3.2 Síťový model modemu Yitran IT70	15
3.3 Topologie sítí	16
3.4 Technické specifikace.....	16
4 Praktické měření.....	18
4.1 Ověření komunikace mezi dvěma modemy.....	18
4.2 Měření přenosu dat	18
4.2.1 Vliv impedance v síti na ztrátovost paketů.....	19
4.2.2 Vliv vzdálenosti na chybovost přenosu dat	20
4.2.3 Vliv vzdálenosti na rychlost přenosu dat.....	21
5 Nahrání firmware	22
5.1 Zapojení programátoru	22
5.2 Vytvoření projektu k nahrání firmware na modem.....	22
6 Počáteční konfigurace modemů pomocí PLC Studio	29
7 Nastavení rychlosti.....	30
8 Komponenty systému a dodatečné nástroje	35
8.1 Připojení počítače k modemu	35
8.2 Připojení relé k modemu.....	35
8.3 Relé KMTronic (RAS-0515)	37
8.4 Programátor DCD	38
8.5 Převodník USB-RS485	38
9 Základní principy vývoje PC aplikace pro modemy IT700	39
9.1 Sady příkazů	40
9.2 Obecná struktura příkazu	40

9.3	Detailní popis využitých příkazu	41
9.3.1	Go online request.....	41
9.3.2	Go online response	41
9.3.3	Paket Tx.....	41
10	Popis programu.....	43
10.1	Obecný popis	43
10.2	Popis funkcionality	43
11	Nevyřešené problémy	45
ZÁVĚR.....		46
SEZNAM OBRÁZKŮ		47
SEZNAM TABULEK.....		48
LITERATURA		49
SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK.....		50
OBSAH ELEKTRONICKÉ PŘÍLOHY		51

ÚVOD

Power line communication (PLC) je více méně nová telekomunikační technologie, v podstatě je to množina technologických spojení, která jsou založena na využití fyzického prostředí pro vysokorychlostní výměnu informací prostřednictvím elektrické sítě. PLC – je sběrný název, který spojuje všechny možné varianty vysílání dat elektrickou sítí. Úspěchy PLC-technologie jsou podmíněny vznikem odpovídající báze elementů, včetně signálních procesorů, při použití kterých byly realizovány složité způsoby modulace signálu, což dovolilo zvětšit věrohodnost přenosu dat. Alternativy PLC-technologie a silnoproudého vedení jsou technologie xDSL, bezdrátová síť WiFi, satelitní komunikace, a také koaxiální, televizní a optické kabely. Při volbě technologie hraje základní roli ekonomický faktor – prostředky komunikace musí být nepředražené.

PLC otevírá nové možnosti realizace koncepce inteligentního bytu, kde všechno jeho elektrické zařízení je zapojeno do jediné komunikační sítě s možností centrálního řízení. Elektrická síť je vhodné prostředí pro přenos řídicích signálů mezi elektrickými zařízeními, která fungují od napětí 110/220V. Mikrokontrolery, které jsou vestavěny v různých přístrojích, mohou zabezpečit možnost přijímání/přenosu dat přes elektrickou síť. Kromě toho je možné zařídit přenos dat z detektorů ochranné signalizace, audio dat, rozšířit a prodloužit telefonní linky atd.

V současné době se rozšiřují inteligentní systémy pro měření spotřeby a řízení odběru elektrické energie. Pro poskytovatele služeb pro vzdálené odečítání měření a statistickou analýzu spotřeby technologie PLC je velice vhodná, protože silnoproudé sítě jsou všude přístupné a není nutné vytvářet další komunikační síť.

V praktické části dané semestrální práce bude probrán úzkopásmový modem firmy Yitran IT 700. Bude ověřena komunikace na běžně používaných rozvodech nízkého napětí, reálné rychlosti, komunikační vzdálenosti, na kterých je modem schopen komunikovat, vliv spotřebičů při jejich zapojení do silnoproudé sítě.

Také bude realizována aplikace pro vzdálené ovládání relé, prostřednictvím úzkopásmové PLC komunikaci a modemů Yitran. Tato aplikace umožňuje vzdálené ovládání jakýchkoliv elektrických spotřebičů připojených přes relé v rámci dosahu modemů. Navrhnutá aplikace umožňuje přes grafické rozhraní ovládat toto relé z počítače. Z ekonomického hlediska tato realizace vypadá zajímavě, protože umožňuje rychle a hlavně levně organizovat komunikační síť pro ovládání elektrických spotřebičů a to všechno na bázi silnoproudého vedení, které už je v každém domě.

1 Power Line Communication

Power line communication (PLC) může být použita v distribuovaných systémech řízení a účtování v továrnách, v budovách (výtahy, klimatizace, ventilace apod.), ve skladovacích systémech, pro přenos informace z různých čidel (voda, plyn, teplo), v systémech ochranné a požární signalizace. Fakticky tuto komunikační síť je možno realizovat na libovolném místě, kde už existuje silnoproudé vedení. PLC nám nabízí možnost jeho využití s jinými komunikačními technologiemi přenosu dat, jako PLC + WiMAX, PLC + WLAN, PLC + xDSL, PLC + Satellite, PLC + UMTS.

Potíže při komunikaci na napěťových linkách spočívají v tom, že existující silnoproudé vedení původně nebylo určeno pro přenos dat. Vedení je charakteristické svou vysokou úrovní rušení a velkým útlumem vysokofrekvenčního signálu. Kromě toho, parametry linky, které jsou konstantní ve fyzickém prostředí přenosu dat, se mohou podstatně měnit v čase a v závislosti na impedanci zátěže. Elektrické linky, oddělené transformátory s velkým rušením, vznikajícím při připojování velkého množství spotřebičů, patří k nejhorším prostředím pro spolehlivý přenos dat.

Dalším problémem je kvalita a stupeň opotřebení elektrického vedení ve starých budovách. Donedávna se používaly hliníkové dráty, které mají menší vodivost než měděné. Navíc, lanování drátů, které se často objevuje v domácnosti, má negativní vliv na šíření signálů. Na věrohodnost přenosu dat má velmi velký vliv rušení od spotřebičů, které působí změnu impedance v síti. Největší rušení vyvolávají elektrické motory, svařovací přístroje a mikrovlnky. Ale spolehlivé metody modulace při přenosu dat zabezpečí vysokou úroveň věrohodnosti, a představují zabezpečení proti nepovolenému přístupu.

PLC je orientována na použití v malých kancelářích. To je podmíněno tím, že PLC technologie má malý dosah.

1.1 Základní rozdělení PLC

Technologii přenosu dat elektrickou sítí můžeme rozdělit na přenos dat úzkopásmový (Narrowband over Power Lines) a širokopásmový (Broadband over Power Lines). Širokopásmový přenos pracuje v kmitočtovém pásmu od 1MHz do 30MHz s rychlostí 1-200Mb/s a je orientován na systémy vysokorychlostního přístupu na internet na domácí počítačové síti, a také na aplikace, které potřebují vysokorychlostní výměnu dat (streamové video, videokonference apod.). Úzkopásmový přenos používá frekvenci od 3kHz do 148,5kHz s rychlostí 0,1-100 Kb/s a je orientován na řízení přístrojů, načítání dat z čidel apod. Tato práce je ovšem zaměřena na využití úzkopásmové PLC a z tohoto důvodu nebude širokopásmová PLC více popisována.

Velké objemy dat není vhodné přenášet v úzkopásmovém PLC přenosu, ale uplatnění najde tato komunikace při sběru dat či automatizaci (dálkový odečet z elektroměrů, dálkové ovládání čidel a spínačů v chytrých domech). Tato problematika v našich podmínkách spadá pod evropskou normu CENELEC EN 50065 - 2 - 3 („Signalizace v instalacích nízkého napětí v kmitočtovém rozsahu 3kHz až 148,5kHz. Všeobecné požadavky, kmitočtová pásma a elektromagnetická rušení“).[1]

Norma CENELEC platí pouze pro Evropu, ale existují i další normy. Americký standard FCC a standard ARIB, který se používá v Japonsku. Tyto standardy disponují větším kmitočtovým rozsahem, který se blíží až k 500kHz.

2 Přístupová síť PLC

Přístupová PLC síť se skládá ze čtyř základních prvků. Tyto prvky jsou:

2.1.1 Centrální řídicí stanice

Hlavní funkce centrální řídicí stanice spočívá v tom, že stanice musí propojovat PLC přístupové sítě s páteří sítě. Centrální řídicí stanice nespojuje jednotlivá zařízení uživatelů, ale zařídí komunikaci se sítěmi, které používají jinou technologii přenosu dat (například SDH). Obvykle stanice se stará o řízení operací z PLC přístupové sítě. Centrální řídicí stanice se většinou nachází u poskytovatele elektrické energie. [13]

2.1.2 Koncentrátor

Jedná se o prvek sítě, který shromáždí naměřená data od jednotlivých PLC modemů a následně je předává centrální řídicí stanici. [13]

2.1.3 PLC modem

Jedná se o koncové zařízení přístupové sítě. PLC modem spojuje standardní telekomunikační zařízení uživatele s elektrickým vedením, které slouží jako přenosové medium. K modemu je možné připojit různá zařízení podle podporovaných rozhraní (USB, Ethernet, RS232, RS485 atd.). Modem zajišťuje všechny funkce nutné k přenosu informace po silnoprůdném vedení. PLC modem je umístěn na straně uživatele. [13]

2.1.4 Opakovač

V případě, že vzdálenost mezi koncovými uživateli a centrální stanicí je příliš velká, musí se síť doplnit o opakovač. Opakovač obnovuje přenášený signál a dělí přístupovou síť PLC na několik kmitočtově oddělených částí. [13]

3 Přehled modemu Yitran IT700

3.1 Popis modemu Yitran IT700 a jeho konektorů

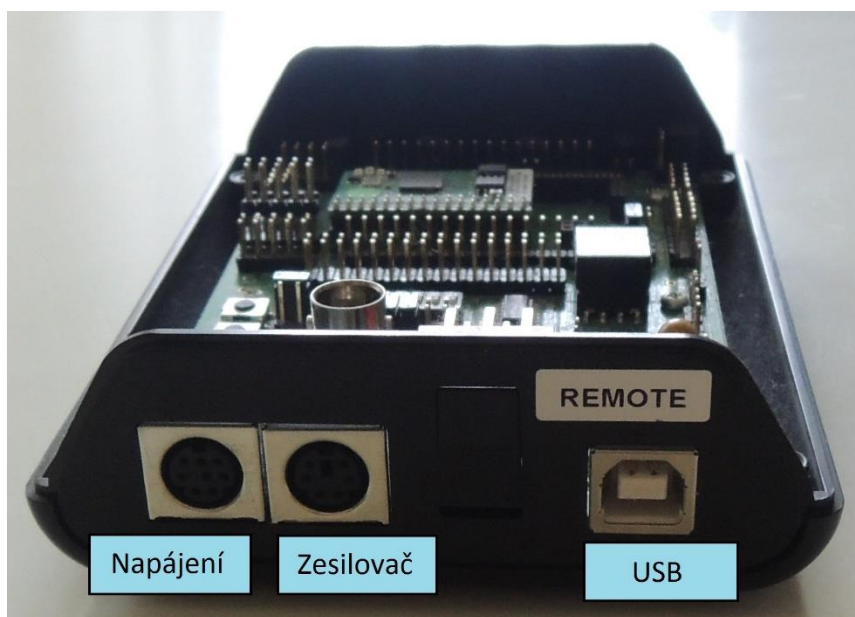
Základní deska je zobrazena na obrázku 3.1. Na předním panelu modemu Yitran IT700 se nachází 4 LED diody:

- On dioda signalizuje zapnutí/vypnutí modemu,
- Link dioda signalizuje připojení modemu do lokální sítě,
- Tx dioda signalizuje vysílání,
- Rx dioda signalizuje příjem dat.



Obr. 3.1: Přední strana Yitran IT700

Na zadní straně modemu jsou 3 konektory: napájecí konektor, konektor pro připojení externího zesilovače, USB konektor.

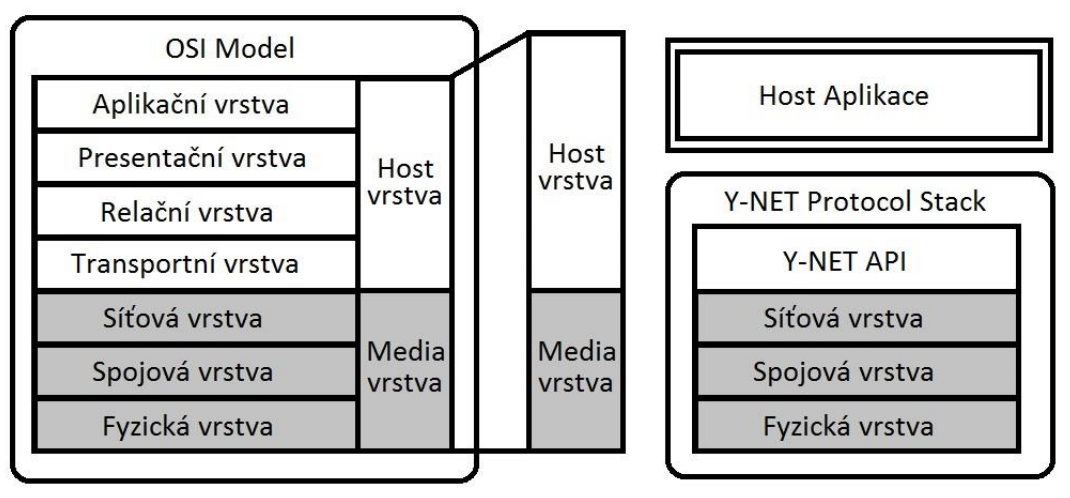


Obr. 3.2: Zadní strana Yitran IT700

Na základní desce je vyveden konektor pro připojení sériového LCD panelu, dotykového panelu, DCL konektor, zařízení komunikujícího přes sériové rozhraní RS232 nebo RS485 atd. DCL konektor slouží k propojení dvou modemů přes koaxiální kabel. Toto řešení je možné použít, když je potřeba propojit modemy jinak než přes silnoproudé vedení. Nachází se zde i tlačítko pro hardwarový reset zařízení. Velmi důležité konektory jsou dva konektory určené pro nahrávání firmwaru do mikrokontroléru. Jsou to konektory označené DoCD JTAG a Flash Programmer. Konektor DoCD JTAG umožňuje nahrávání a debugování firmwaru. Konektor Flash Programmer slouží pouze k nahrávání. [16]

3.2 Síťový model modemu Yitran IT70

Architektura modemu IT700 se skládá z fyzické vrstvy (Physical Layer – PHY), spojové vrstvy (Media Access Control – MAC), síťové vrstvy (Network Layer – NL) a síťového protokolu Y-Net (viz obr. 3.3).



Obr. 3.3: Srovnání ISO/OSI a Y-NET modelu

Fyzická vrstva a poskytuje následující funkce:

- Optimalizována pro média PLC.
- Differential Code Shift Keying (DCSK) – patentovaná Yitran modulační technika, která poskytuje vysokou spolehlivost komunikace.
- Vysoká odolnost proti utlumení signálu, různým hlukům (rušení), impedance modulace a zkreslení fáze/frekvence.
- CRC-16 mechanismus korekce chyb.
- Splňuje celosvětové požadavky (FCC, ARIB a CENELEC).
- Možnost výběru přenosového režimu ze standardního režimu (Standard Mode – SM), robustního režimu (Robust Mode – RM) a extrémně robustního režimu (Extremely Robust Mode – ERM).

Spojová vrstva poskytuje následující funkce:

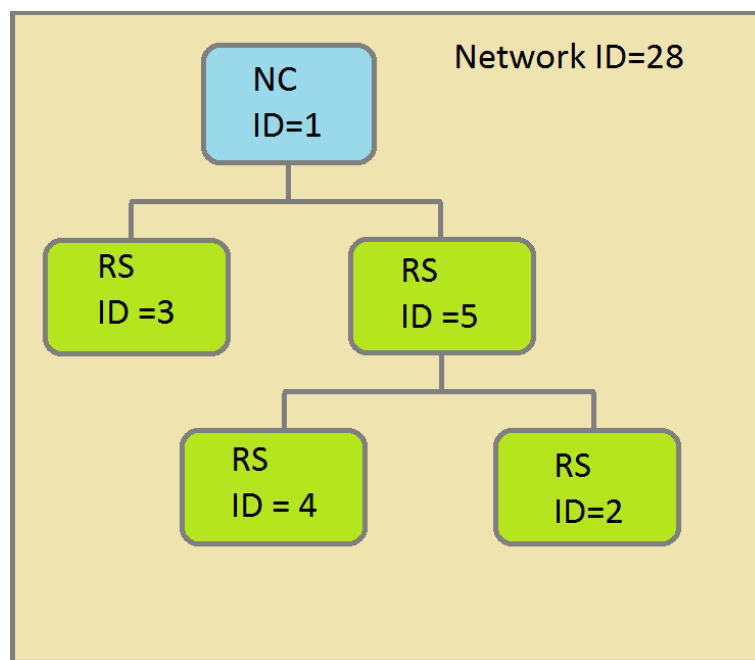
- Podpora až 1023 logických sítí s 2047 uzly pro každou síť.
- Uznáný (Acknowledged) a neuznaný (Unacknowledged) přenos dat a mechanismy opakování vysílání (retransmission).
- Carrier Sense Multiple Access – CSMA a Collision Avoidance CA protokol přístupového kanálu.
- Back-off algoritmus založený na IEEE802.11 a optimalizovaný pro podporu PLC.
- Quality of Service (QoS) – rezervace a řízení datových toků v telekomunikačních a počítačových sítích.

Síťová vrstva poskytuje následující funkce:

- Formování nové sítě výběrem síťové adresy.
- Řešení konfliktů s jinými sítěmi.
- Údržba jedinečnosti síťové adresy.
- Přiřazení uzlů sítě, přiřazením adres uzlů.
- Udržování adresy uzlů v databázi.
- Řešení konfliktů adres uzlů.
- Vyhledání cesty paketů (Route Discovery).
- Údržba trasy (Route Maintenance) a bezpečné zotavení (Self Recovery).
- Optimalizace trasy (Route Optimization).
- Zotavení koncentrátoru (Concentrator Recovery).

3.3 Topologie sítě

Síťová vrstva je navržena tak, aby poskytovala služby pro vytvoření a údržbu stromové topologie, kde kořen stromu je koncentrátor sítě (NC) a ostatní uzly jsou vzdálené stanice (RS).



Obr. 3.4: Stromové topologie, NC a RS

Výše uvedený obrázek popisuje síť se stromovou topologií, která se skládá z pěti prvků. Kořen stromu (NC) má adresu 28.1 (kde 28 označuje Network ID, a 1 označuje Node ID). Ostatní uzly jsou číslovány od 2 do 5 a jsou uspořádány náhodně, což simuluje vytvoření PLC topologie sítě.

Příklad: Jestli RS 28.4 (iniciační stanice) vysílá zprávu pro NC, zpráva bude odeslána pomocí směrovací tabulky (speciální tabulka malé velikosti v RS) prostřednictvím stanice 28.5, která funguje jako opakovatel, pro NC 28.1.

3.4 Technické specifikace

Existují čtyři rychlostní režimy.

- **Standard Mode (SM / DCSK6):** DCSK s 6 bity pro symbol.
- **Robust Mode (RM / DCSK4):** DCSK s 4 bity pro symbol.

- **Extremely Robust Mode (ERM):** DCSK4 se 4 opakováními.
- **Automatic Rate Control:** automaticky vybírá jeden z dříve uvedených režimů v závislosti na kvalitě kanálu.

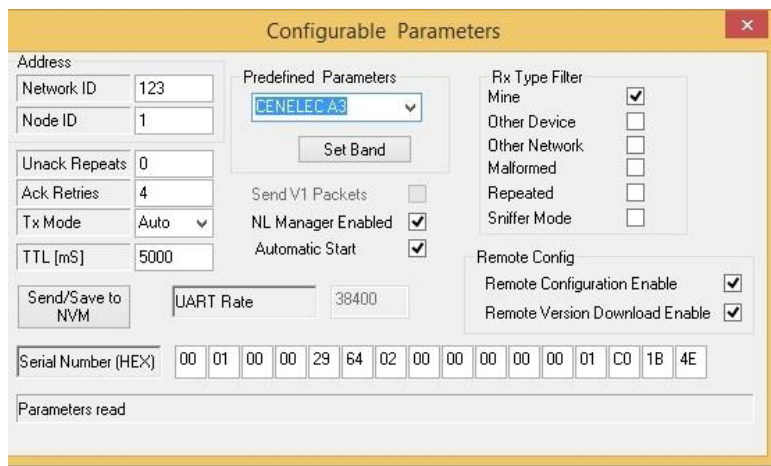
Odpovídající rychlosti:

- **FCC (US)/ARIB (Japan):**
 - 7.5 Kb/s Standard Mode (SM, DCSK6).
 - 5.0 Kb/s Robust Mode (RM, DCSK4).
 - 1.25 Kb/s Extremely Robust Mode (ERM, DCSK4 s opakováním).
- **CENELEC (Europe):**
 - 2.5 Kb/s Robust Mode (RM, DCSK4).
 - 0.625 Kb/s Extremely Robust Mode (ERM, DCSK4 s opakováním).
 - SM (DCSK6) se nepoužívá. [20]

4 Praktické měření

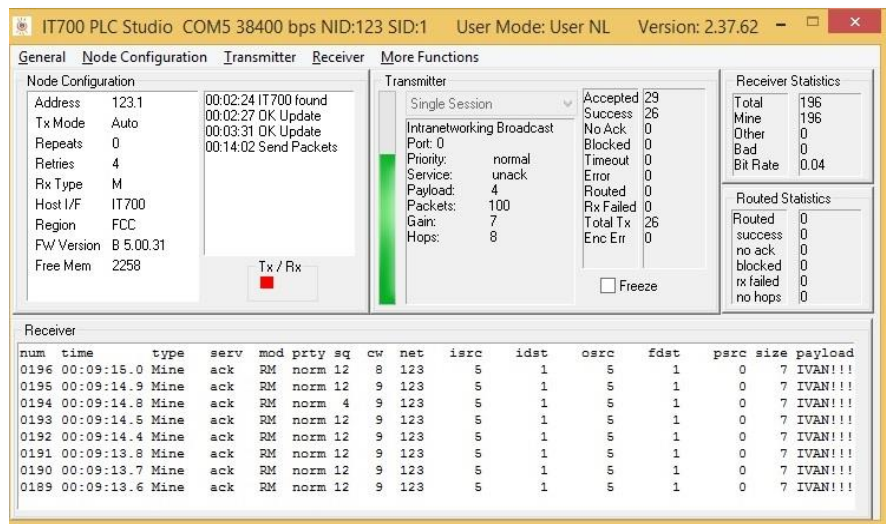
4.1 Ověření komunikace mezi dvěma modemy

Na koncových PC stanicích byl nainstalován Windows 8.1, a zásuvky byly ve vzdálenosti 1.5m. Jeden modem byl nastaven jako NC a druhý jako RS. Byla otestována komunikace v obou směrech. Modulace byla nastavena na DCSK4 – označovaná jako Robust Mode – RM. Vzhledem k malé vzdálenosti se nemusíme starat o spolehlivost přenosu a nastavovat pomalejší režimy, které podporují lepší robustnost přenosu.



Obr. 4.1: Nastavení modemu

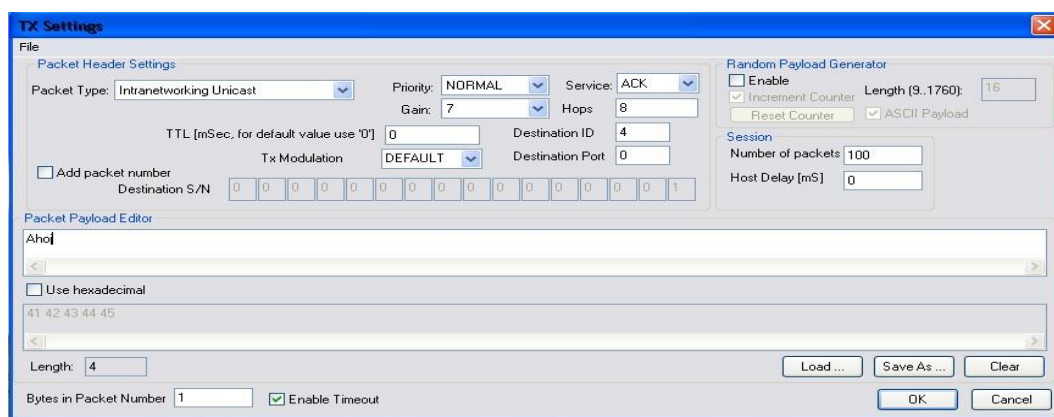
Při nastavení režimu přenosu na Broadcast nebo Unicast (viz obr. 4.2) komunikace mezi modemy proběhla úspěšně ve směru od NC do RS a opačně.



Obr. 4.2: Komunikace mezi modemy proběhla úspěšně

4.2 Měření přenosu dat

K sestavování, odesílání a přijímání paketů byl použit program PLC Studio. Program umožňuje sledování odesílaných a přijímaných paketů. Nastavení vysílaných paketů se provádí v záložce TX Settings. Pakety v určité délce byly generovány tímto programem v záložce Random Payload Generator (viz obr. 4.3).



Obr. 4.3: Nastavení přenosu dat v programu PLC Studio

Tab. 4.1: Statistika odesílaných paketů

Parametr	Popis
Success	Počet úspěšné přenesených paketů v režimu s potvrzováním. Při nepotvrzovaném přenosu ukazuje počet odeslaných paketů.
No ACK	Při nastavení parametrů ACK zobrazuje počet potvrzených paketů.
Blocked	Modem IT700 nebyl schopen odeslat pakety ve stanoveném intervalu (základní hodnota je 3s v pásmech FCC/ARIB a 6s v pásmech CENELEC).
Total TX	Počet všech paketů odeslaných modemem
RX Failed	Chyba přenosu

4.2.1 Vliv impedance v síti na ztrátovost paketů.

V prvním experimentu byly připojeny 2 modemy přes prodlužovací kabel délky 1,5m a byly přenášeny pakety délkou 1700 znaků. Byla použita největší délka paketů, protože bylo stanoveno, že větší pakety jsou citlivější na rušení. Během experimentu z 877 paketů bylo přeneseno 858. Chybovost byla 2,16 %.

V druhém experimentu jsme připojili 2 modemy přes 1.5m a mezi nimi byl spotřebič s výkonem (příkonem) 1.7kW a přenášeli jsme pakety s délkou 1700 znaků. Během experimentu z 827 paketů bylo přeneseno 766. Chybovost byla 7,38 %. Z toho plyne, že spotřebič má vliv na přenos dat.

Pro zvětšení přesnosti výsledku každé měření probíhalo jednu hodinu neustálého vysílání paketů.

Tab. 4.2: Vliv impedance v síti na přenos dat

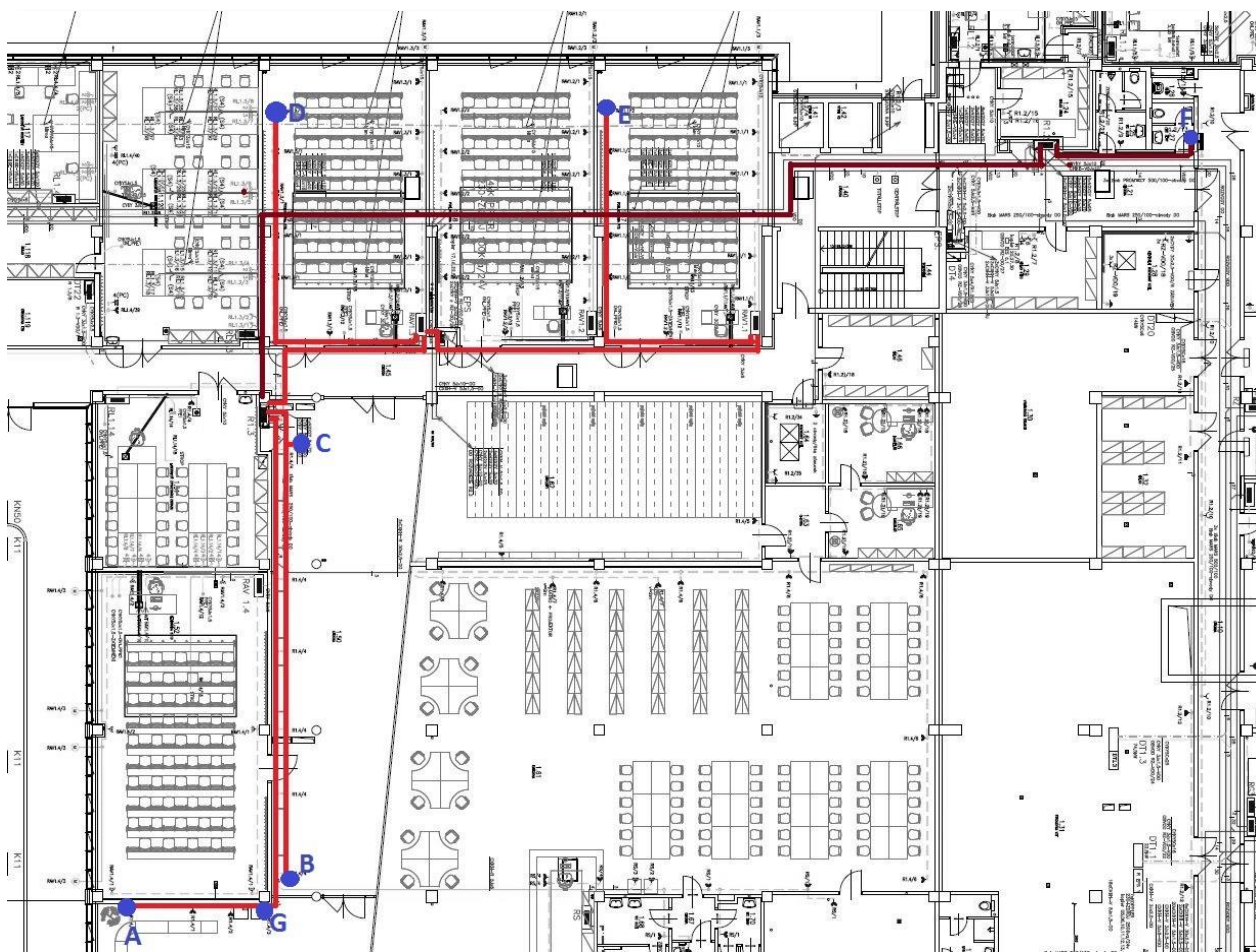
Spotřebič mezi modemy [kW]	Payload [znak]	Vzdálenost [m]	Čas [min]	Počet odeslaných paketů [paket]	Počet úspěšně přenesených paketů [paket]	Chybovost [%]
-	1700	1,5	60	877	858	2,16
1,7	1700	1,5	60	827	766	7,38

4.2.2 Vliv vzdálenosti na chybovost přenosu dat

Měření dosahu modemu a vlivu vzdálenosti na chybovost přenosu dat probíhalo v prvním patře Fakulty elektrotechniky a komunikačních technologií Technická 12 (viz obr. 4.4).

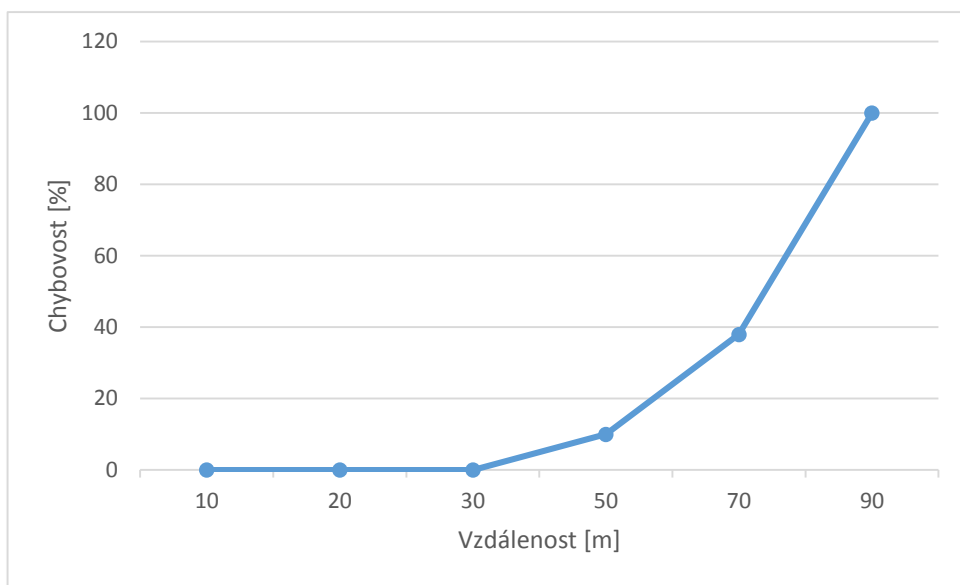
Během měření byly změřeny 6 vzdálenosti:

- 10 metrů trasa AG
- 20 metrů trasa AC
- 30 metrů trasa AB
- 50 metrů trasa AD
- 70 metrů trasa AE
- 90 metrů trasa AF.



Obr. 4.4: Schéma zapojení

Ve vzdálenosti 10, 20 a 30 metrů bylo přeneseno 50 paketů a úspěšnost byla 100%. Byla použita pouze malá zpráva (jen 50 paketů), protože příliš velká délka paketů představuje velkou časovou náročnost. Ve vzdálenosti 50 metrů se již objevují chyby a z 50 paketů bylo přeneseno 45. Chybovost byla 10 %. Ve vzdálenosti 70 metrů z 50 paketů bylo přeneseno 31 chybovost byla 38 %. Ve vzdálenosti 90 metrů všechny pakety byly zahozeny.

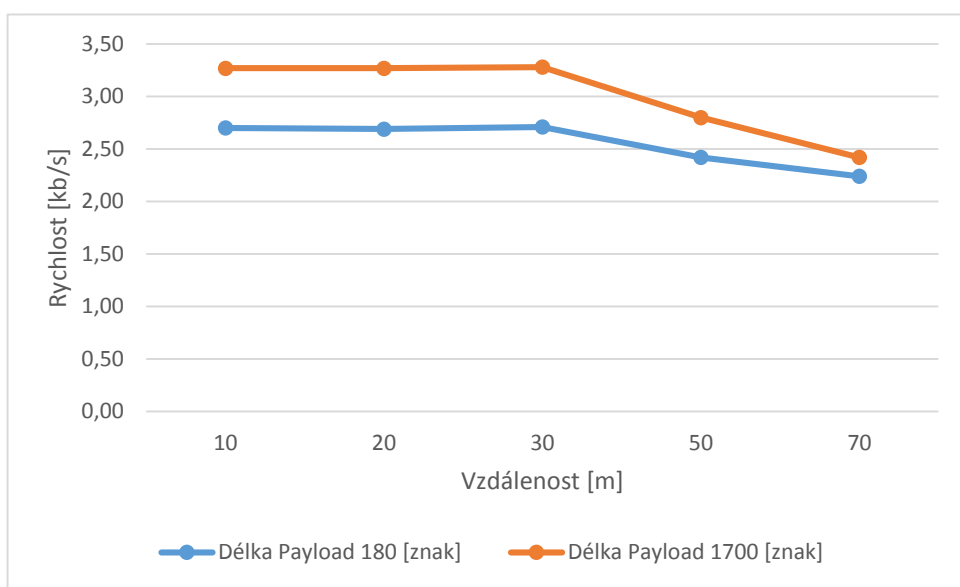


Obr. 4.5: Závislost chybovosti na vzdálenosti

4.2.3 Vliv vzdálenosti na rychlost přenosu dat

Během měření byla stanovena závislost rychlosti na vzdálenosti. Rychlost do 50m byla skoro stejná, ale dál už se začínají objevovat chyby v přenosu dat. Což způsobí přepínání modemu do robustnějších a pomalejších režimů, kde je víc opakování, což vede ke snížení rychlosti. Na vzdálenosti 90m se nepodařilo přenést žádná data.

Také bylo stanoveno, že velký vliv na rychlost má délka paketů (payload). Rychlost roste s růstem délky paketů.

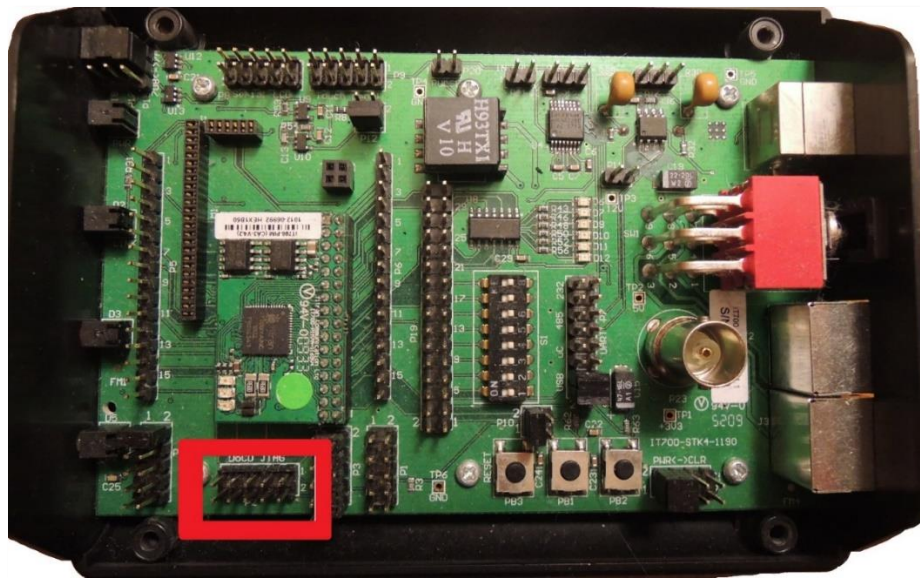


Obr. 4.6: Závislost rychlosti na vzdálenosti a délce paketů

5 Nahrání firmware

5.1 Zapojení programátoru

Pro nahrání firmware na modem je potřeba připojit Flash programátor podle obrázku 5.1 k modemu, a pak přes USB k počítači.



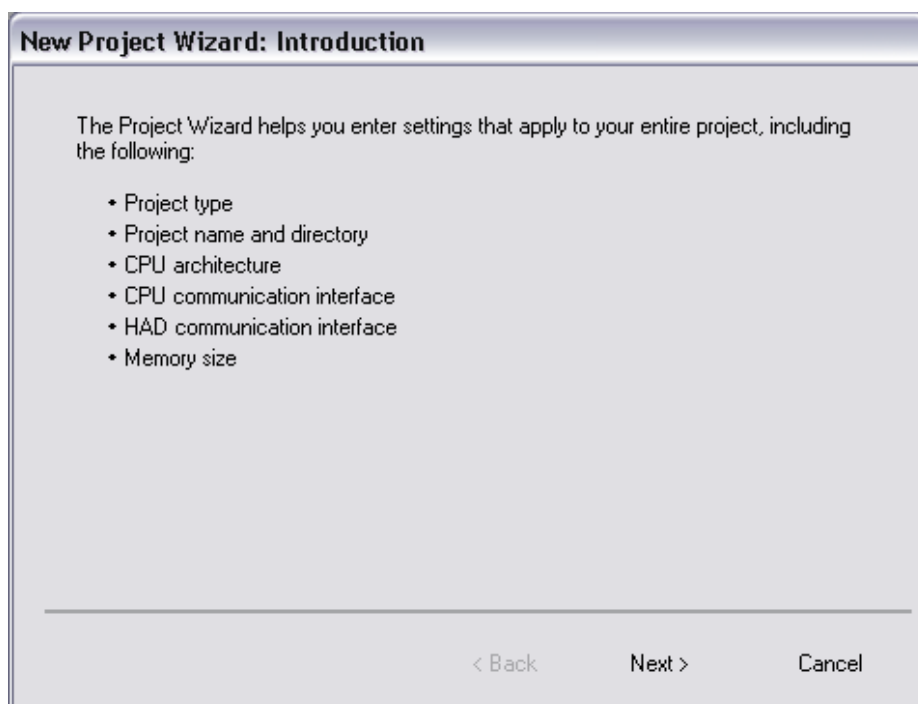
Obr. 5.1: Zapojení programátoru

Pomocí programátoru Digital Core Design na RS modem bude nahrán firmware Remote Station Standalone a na NC modem bude nahrán firmware Node Concentrator Standalone.

5.2 Vytvoření projektu k nahrání firmware na modem

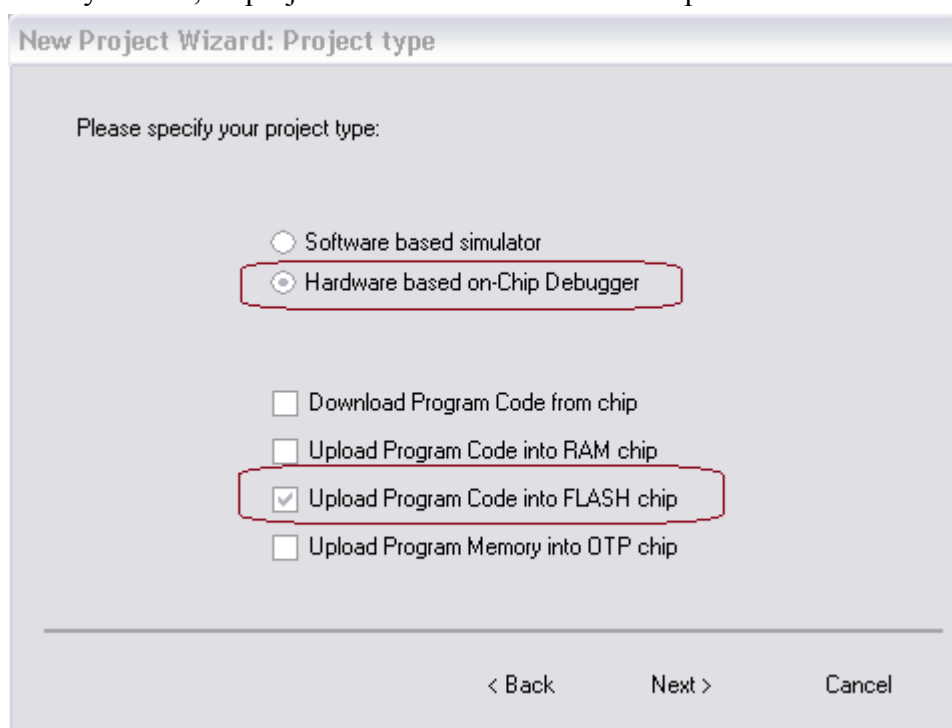
Společnost Digital Core Design poskytuje program DoCD (DCD on Chip Debugger) pro nahrávání a debuggování firmware. V DoCD se dá jednoduše vytvořit projekt s pomocí průvodce, jediné co je potřeba, tak správně vybrat parametry. Zavoláme průvodce stisknutím Project/Create New. Projdeme pomocníkem po krocích. Po ukončení vytvoření projektu hned začne nahrávání.

1. První okno.



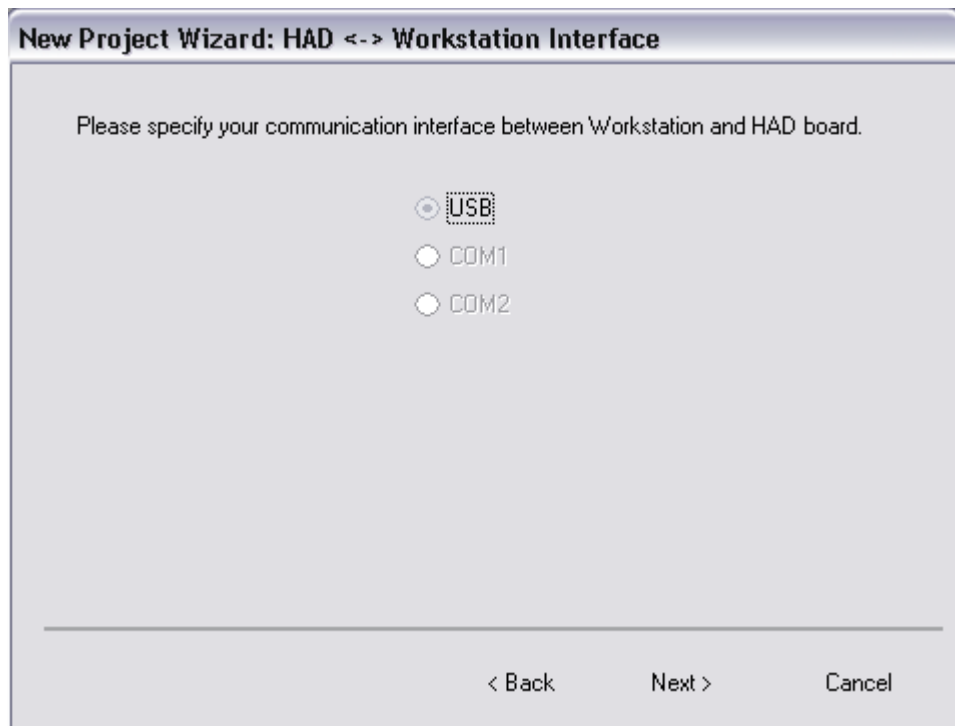
Obr. 5.2: Nastavení DoCD pro nahrání nového firmware, krok 1

2. Dál vybereme, že projekt se bude nahrávat do Flash paměti.



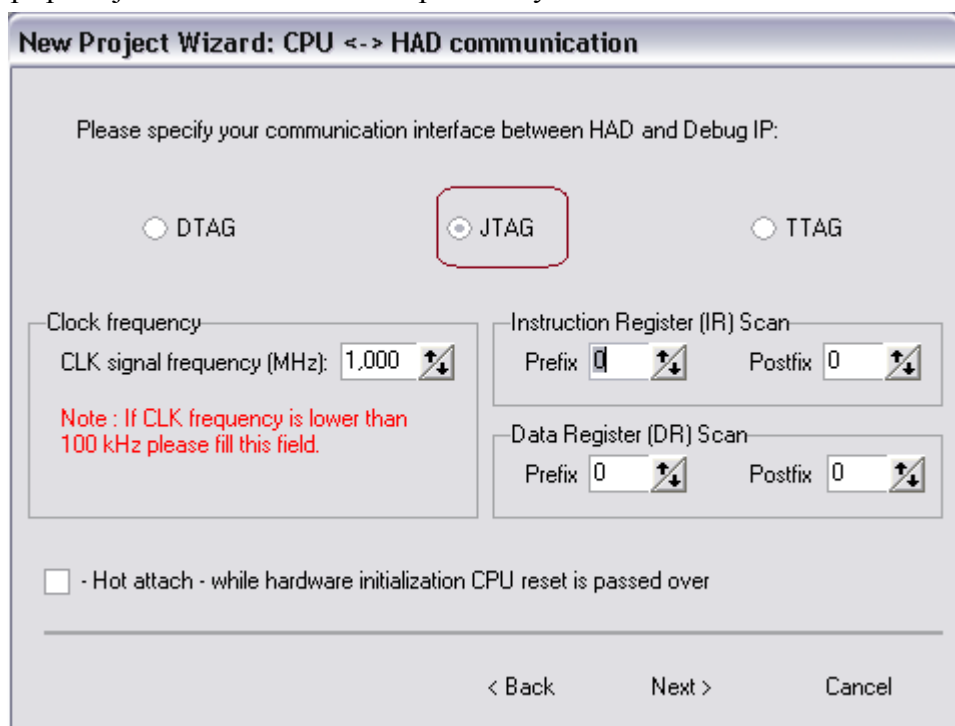
Obr. 5.3: Nastavení DoCD pro nahrání nového firmware, krok 2

3. Vybereme komunikační interface mezi PC a Flash programátorem. V našem případě je to USB.



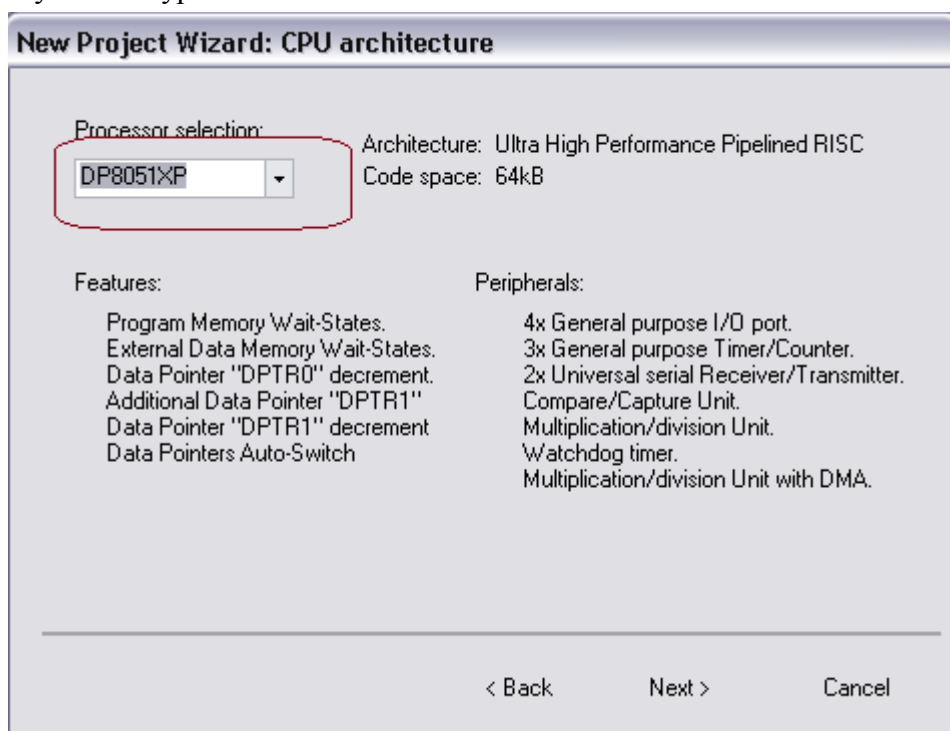
Obr. 5.4: Nastavení DoCD pro nahrání nového firmware, krok 3

4. Vybereme komunikační interface mezi Flash programátorem a modemem. V našem případě je to JTAG. Pro ostatní parametry necháme defaultní nastavení.



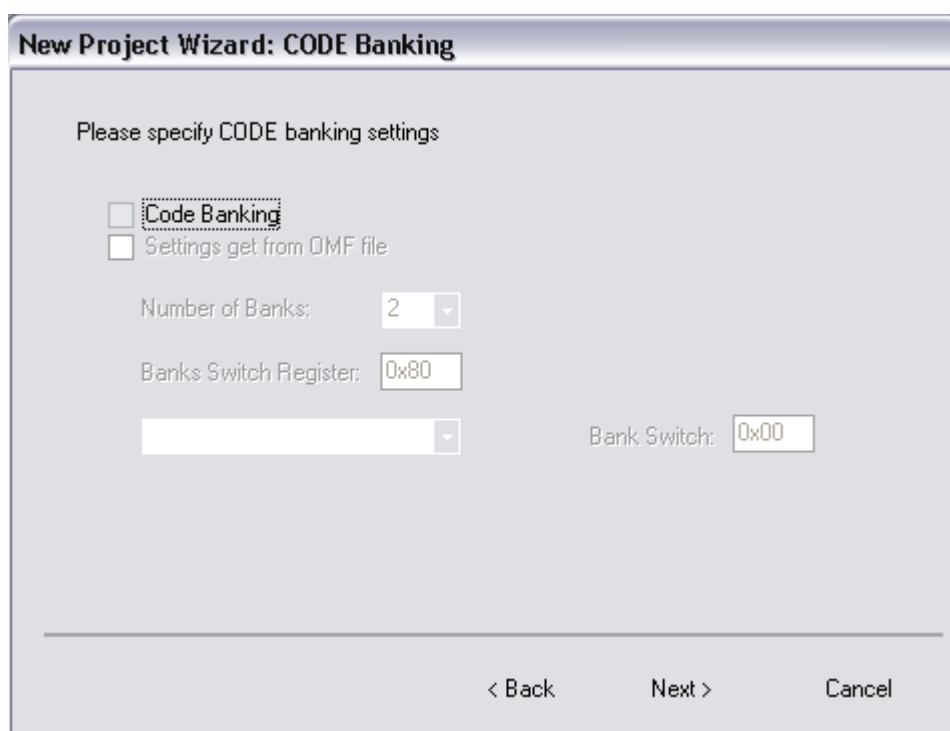
Obr. 5.5: Nastavení DoCD pro nahrání nového firmware, krok 4

5. Vybereme typ mikrokontroléru: DP8051XP



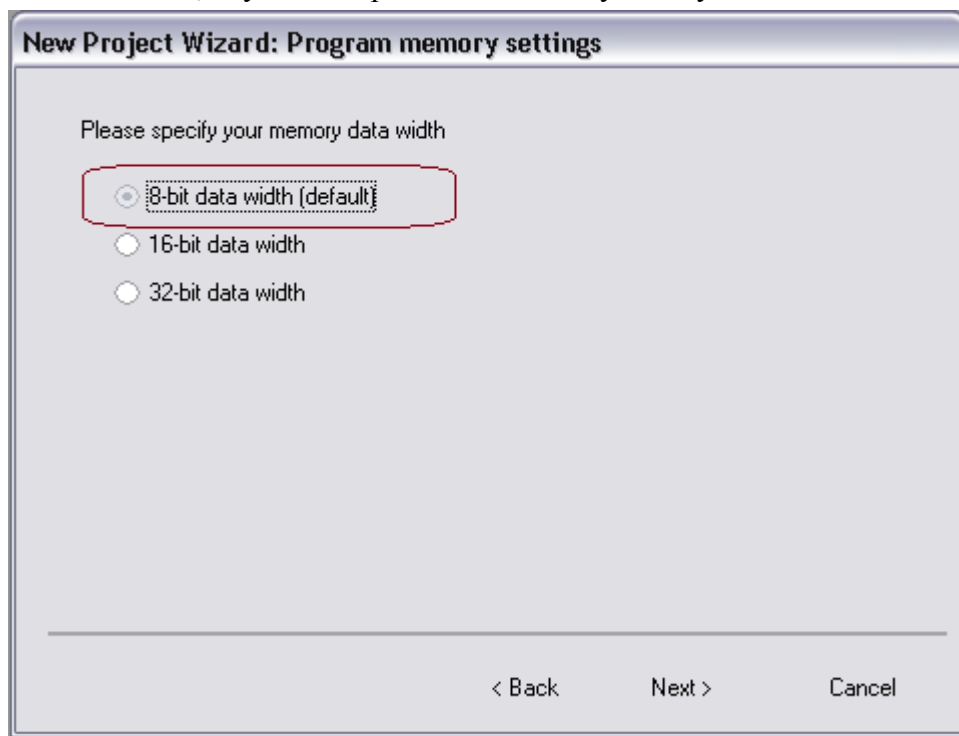
Obr. 5.6: Nastavení DoCD pro nahrání nového firmware, krok 5

6. Další nastavení necháme defaultní.



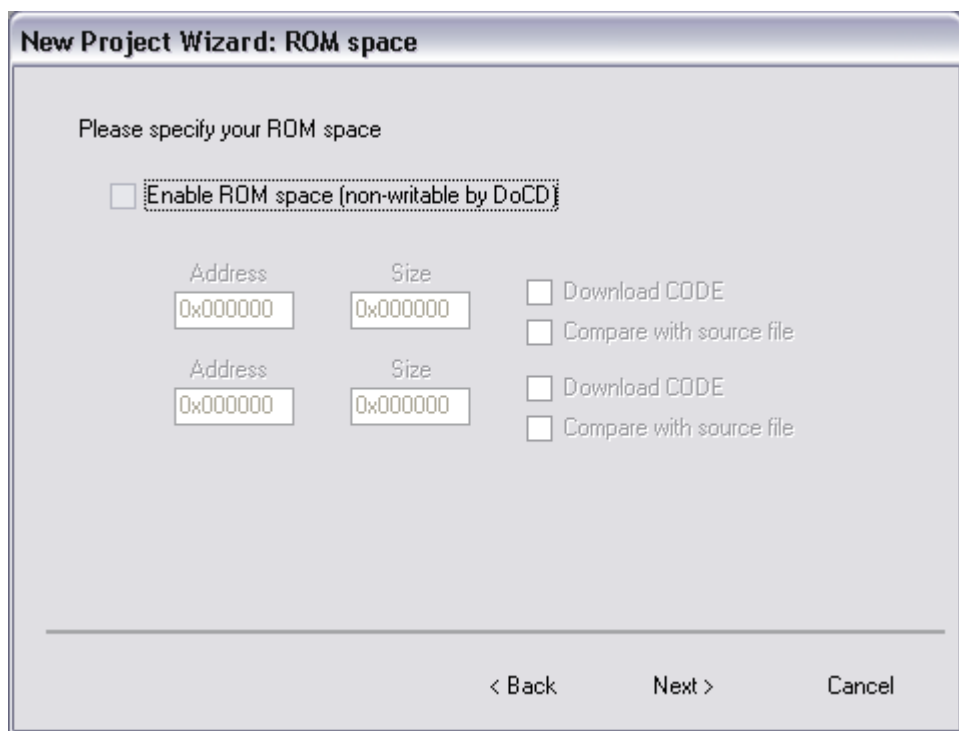
Obr. 5.7: Nastavení DoCD pro nahrání nového firmware, krok 6

7. Nastavíme tak, aby modem pracoval s 8 bitovými daty.



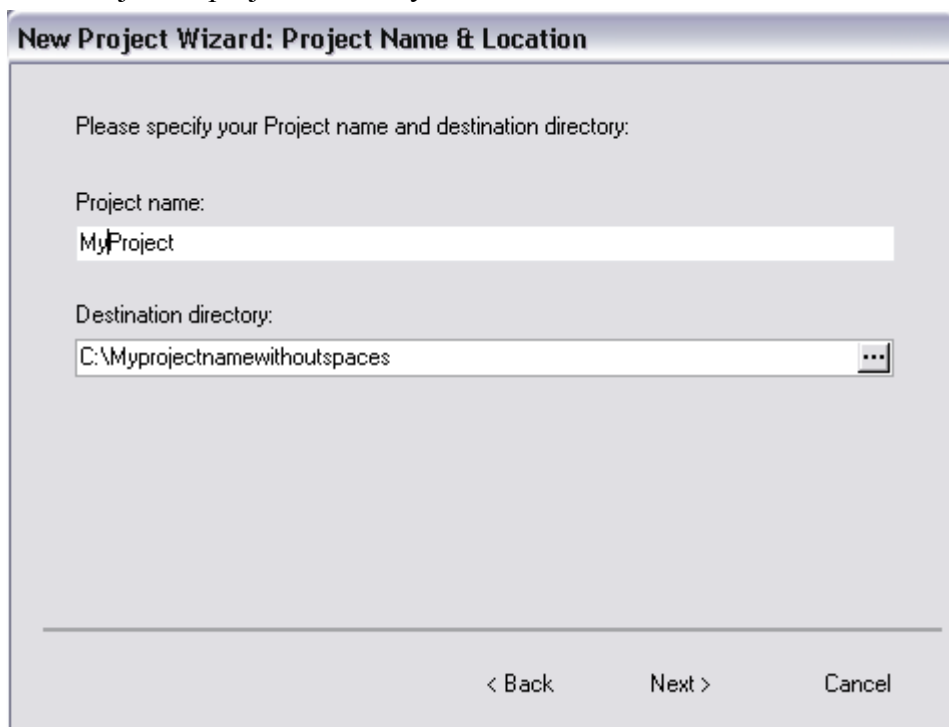
Obr. 5.8: Nastavení DoCD pro nahrání nového firmware, krok 7

8. Další nastavení necháme defaultní.



Obr. 5.9: Nastavení DoCD pro nahrání nového firmware, krok 8

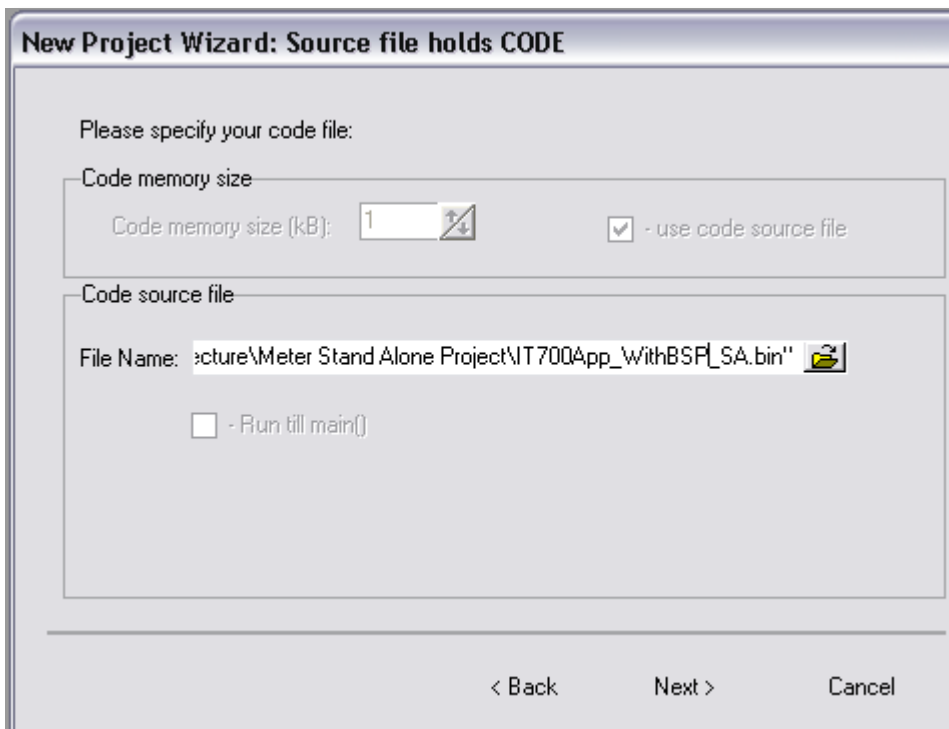
9. Zadáme jméno projektu a cílový adresář



The screenshot shows a dialog box titled "New Project Wizard: Project Name & Location". It contains the instruction "Please specify your Project name and destination directory:". There are two input fields: "Project name:" with the text "MyProject" and "Destination directory:" with the text "C:\Myprojectnamewithoutspaces". At the bottom, there are three buttons: "< Back", "Next >", and "Cancel".

Obr. 5.10: Nastavení DoCD pro nahrání nového firmware, krok 9

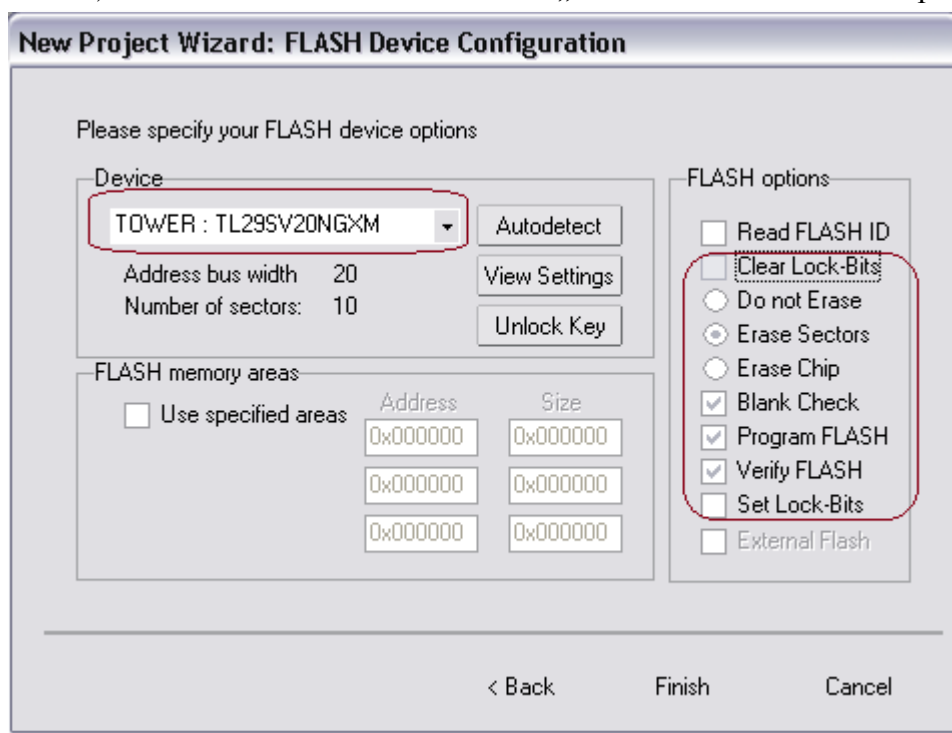
10. Vybereme soubor, který chceme nahrát. V našem případě je to soubor „...withBSP_SA.bin“



The screenshot shows a dialog box titled "New Project Wizard: Source file holds CODE". It contains the instruction "Please specify your code file:". There are two sections: "Code memory size" with a text box showing "1" and a unit selector set to "kB", and a checkbox labeled "- use code source file" which is checked. Below this is the "Code source file" section with a "File Name:" label and a text box containing "ecture\Meter Stand Alone Project\IT700App_WithBSP_SA.bin". There is also a checkbox labeled "- Run till main()" which is unchecked. At the bottom, there are three buttons: "< Back", "Next >", and "Cancel".

Obr. 5.11: Nastavení DoCD pro nahrání nového firmware, krok 10

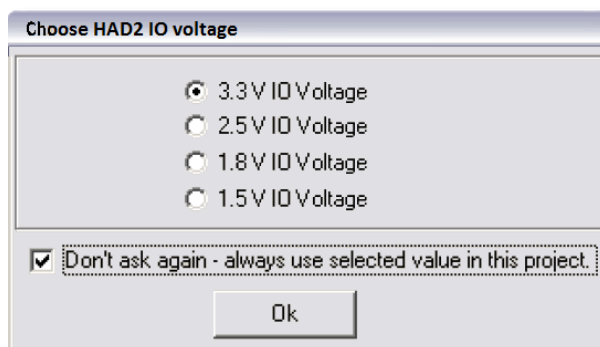
11. Vybereme FLASH zařízení “TOWER: TL295V20NGXM” a nastavíme vlastností jako na obrázku 5.12.
Jestli tato položka není v seznamu, tak je potřeba zkopírovat soubor **TL29SV20NGXM.INI** do složky **C:\DCD\DoCD\FLASH** (tam, kde nainstalován DoCD). Tento soubor lze nalézt ve složce „DoCD files“ ve vzorovém příkladu.



Obr. 5.12: Nastavení DoCD pro nahrání nového firmware, krok 11

Po stisknutí tlačítka „finish“ proběhne kontrola zapojení zařízení. V případě, jestli není kontakt, tak se objeví chybová hláška.

12. Jestli všechno zapojeno správně, objeví se poslední okno, kde vybereme výstupní napětí 3,3 V.



Obr. 5.13: Nastavení DoCD pro nahrání nového firmware, krok 12

Při opakovaném nahrávání firmwaru DoCD-projekt není nutné vytvářet pokaždé znova. Stačí jenom otevřít již existující, a pak vás průvodce hned převede na krok 12.

Jestli proces nahrávání skončil úspěšně, ale LED diody na modemu chaoticky blikají, tak je potřeba zopakovat nahrání firmwaru.

Po úspěšném nahrání firmwaru musíme restartovat modem.

6 Počáteční konfigurace modemů pomocí PLC Studio

Po nahrávání firmwaru na modem musíme nastavit stejný Network ID na všech modemech, které budou pracovat v síti. Node, ID musí být různé. Regionální parametry musí být stejné na všech modemech FCC, ARIB nebo CENELEC. Musíme zapnout automatické směrování a adresování (NL Manager enabled). Musíme nastavit Automatic Start, který umožňuje automatické připojení modemu do sítě bez využití počítače. Další důležitou položkou je Serial number, podle kterého funguje směrování v modemech. Tlačítkem send/save to NVM uložíme nastavení.

Configurable Parameters

Address

Network ID: 881
Node ID: 1

Unack Repeats: 0
Ack Retries: 4
Tx Mode: Auto
TTL [mS]: 5000

Predefined Parameters

FCC
Set Band

Rx Type Filter

Mine ☒
Other Device ☐
Other Network ☐
Malformed ☐
Repeated ☐
Sniffer Mode ☐

Send/Vt Packets ☐
NL Manager Enabled ☒
Automatic Start ☒

Remote Config

Remote Configuration Enable ☒
Remote Version Download Enable ☒

Send/Save to NVM

UART Rate: 38400

Serial Number (HEX): 00 01 00 00 29 64 02 00 00 00 00 00 01 C0 1B 50

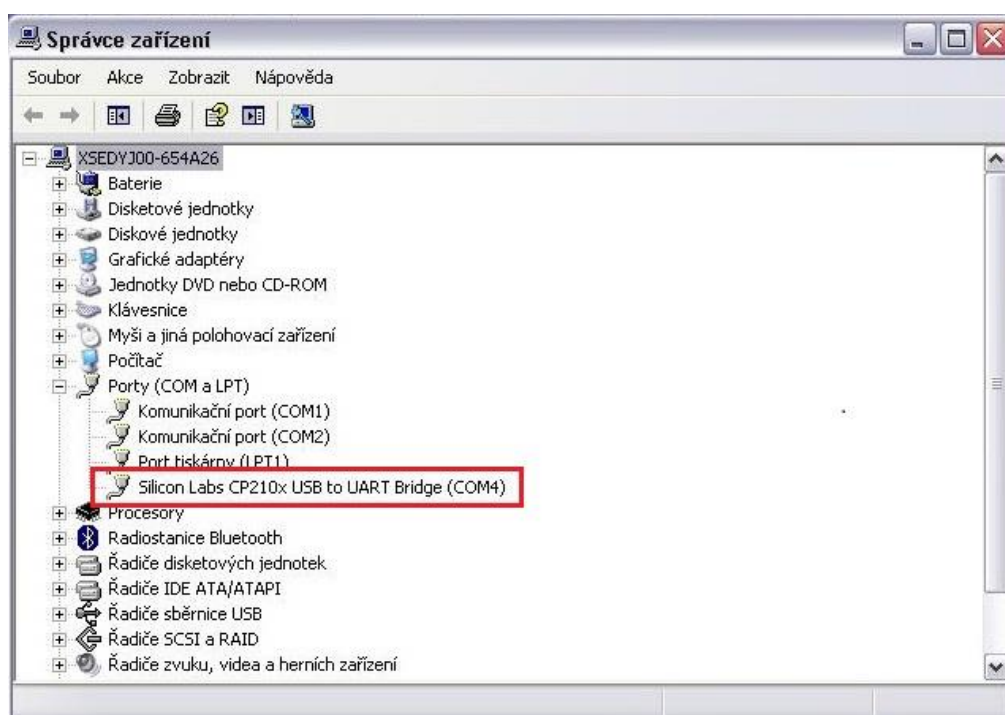
Parameters read

Obr. 6.1: Počáteční konfigurace PLC Studio

7 Nastavení rychlosti

Během vývoje bylo stanoveno, že pro komunikaci s modemem relé potřebuje komunikační rychlost na sběrnici 9600 kb/s. Ale výrobce modemu poskytují modemy s přednastavenou rychlostí na 38 400 kb/s. Aplikace PLC studio, kterou poskytuje výrobce modemů, nepodporuje operaci změny rychlosti na modemu. Podle dokumentace byl stanoven příkaz, pomocí kterého se dá změnit rychlost. Pak pomocí programu The Terminator příkaz byl proveden přes terminál v hex formátu.

Změna rychlosti byla provedena pomocí programu The Terminator. Na začátku zkontrolujeme ve správci zařízení, kde se nachází - Silicon Labs CP210x USB to UART Bridge. V našem případě je to COM4.



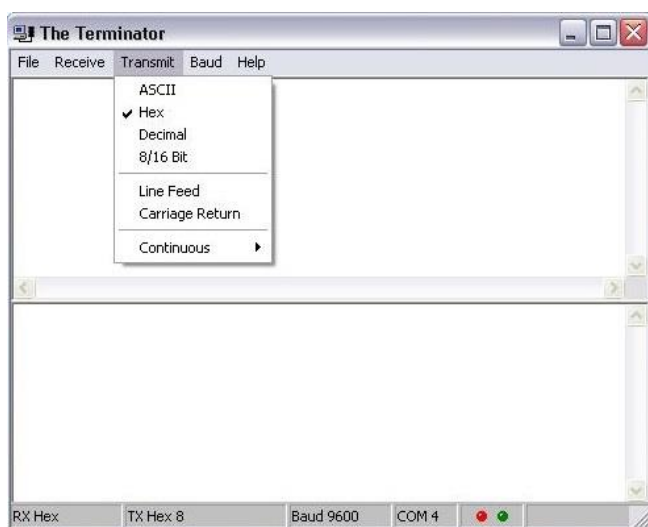
Obr. 7.1: Kontrola COM portů na počítači

1. V programu The Terminator musíme se připojit na správný port a zvolit aktuálně správnou rychlost.

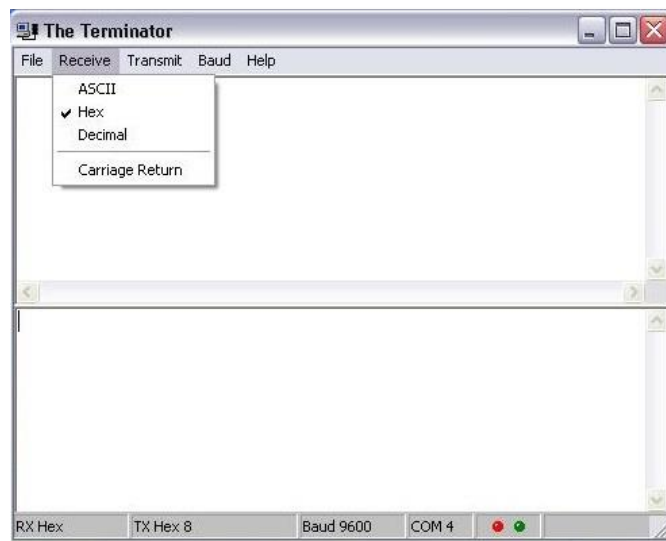


Obr. 7.2: Nastavení rychlosti v programu Terminator

2. Dále v položce Transmit/Receive nastavíme na HEX formát.

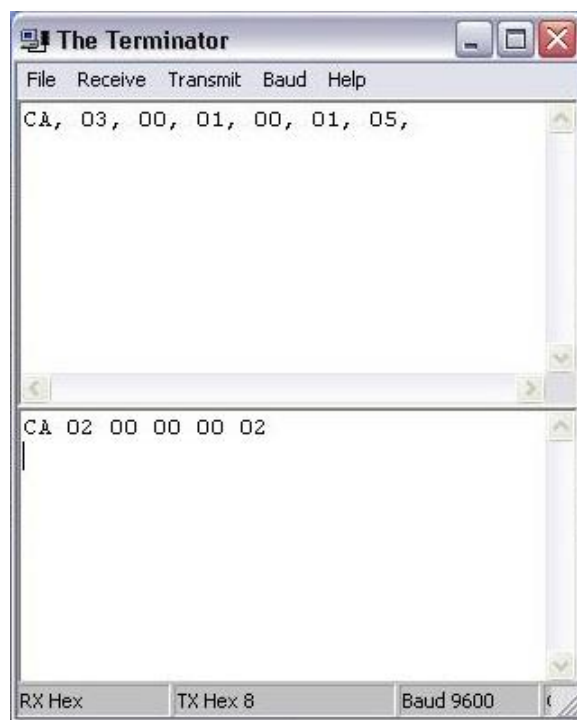


Obr. 7.3: Nastavení formátu přenosu dat



Obr. 7.4: Nastavení formátu přenosu dat

3. Pomoci příkazu CA 02 00 00 00 02 Otestujeme spojení



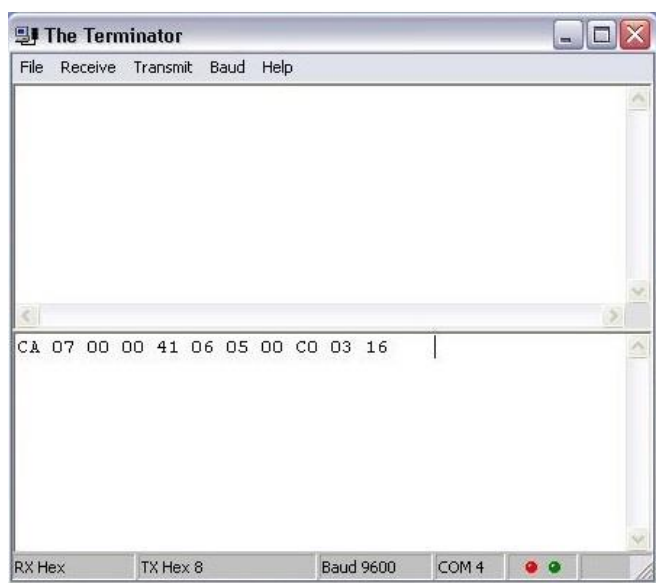
Obr. 7.5: Testování spojení počítače s modemem

4. Jestli modem odpovídá, tak to znamená, že byla zvolena správná rychlost a nastavení je správné.

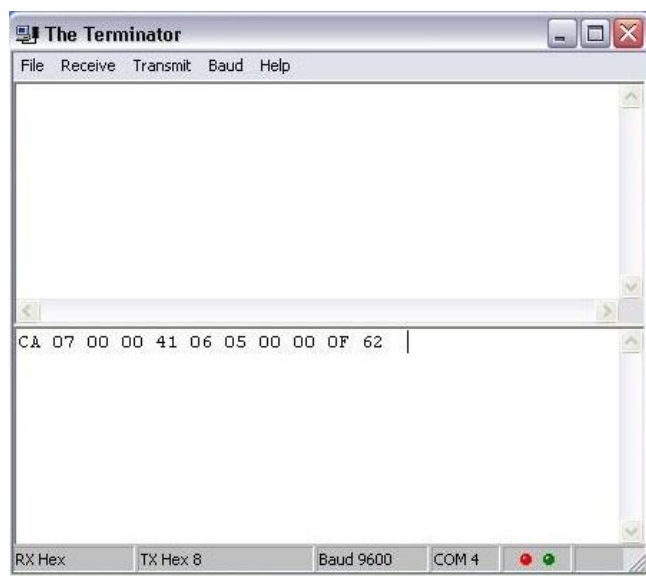
Pomoci následujícího příkazu můžeme změnit rychlost.

CA 07 00 00 41 06 05 00 **C0 03** 16 9600kb/s

CA 07 00 00 41 06 05 00 **00 0F** 62 38400kb/s



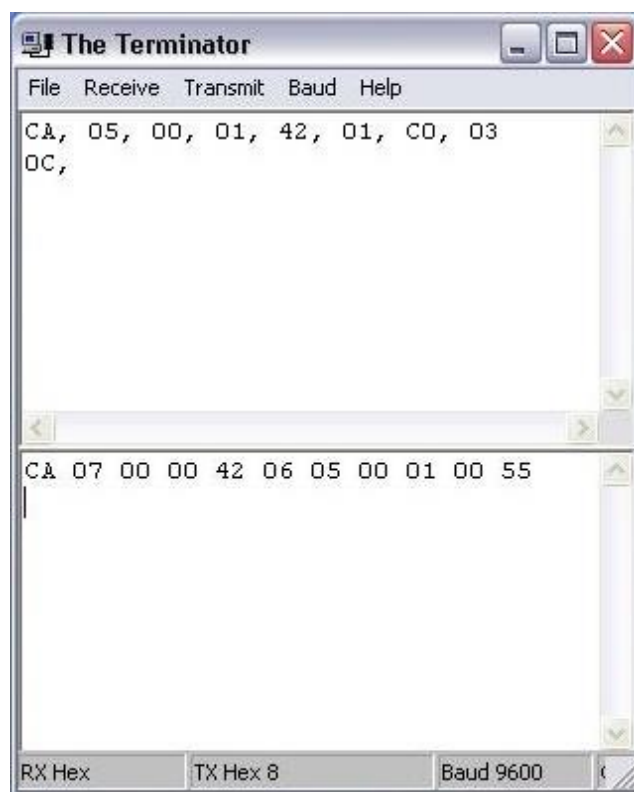
Obr. 7.6: Nastavení rychlosti modemu při spojení s Host interface na 9600kb/s



Obr. 7.7: Nastavení rychlosti modemu při spojení s Host interface na 38 400kb/s

5. Zkontrolovat aktuálně nastavenou rychlost na modemu můžeme pomocí příkazu

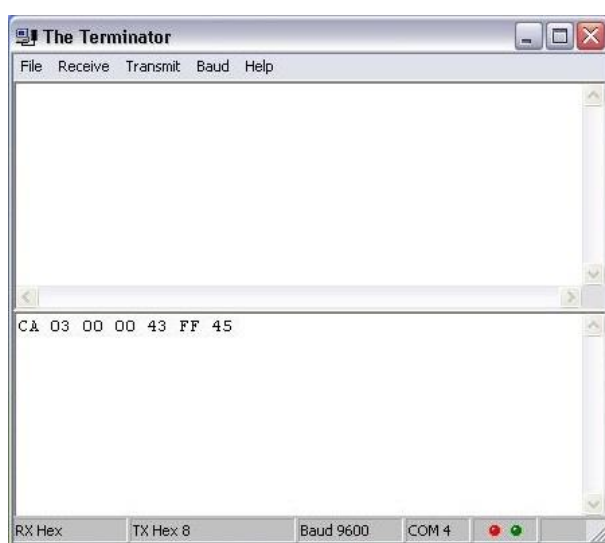
CA 07 00 00 42 06 05 00 01 00 55



Obr. 7.8: Otestování rychlosti spojení modemu s Host interface

V odpovědi je rychlost zakódovaná předposledními dvěma byty: C0 03. Protože číslo je zapsáno ve formátu **big endian**, které odpovídá číslu 03C0, což v desítkové soustavě odpovídá 960. Návrháři modemu rozhodli, že v paměti je lepší ukládat rychlost vydělenou 10. To znamená, že ve skutečnosti na sériovém portu modemu je nastavena rychlost $960 \cdot 10 = 9600$ kb/s.

6. Nastavené hodnoty je potřeba uložit do NVRAM paměti modemu. To se dá udělat pomocí příkazu CA 03 00 00 43 FF 45

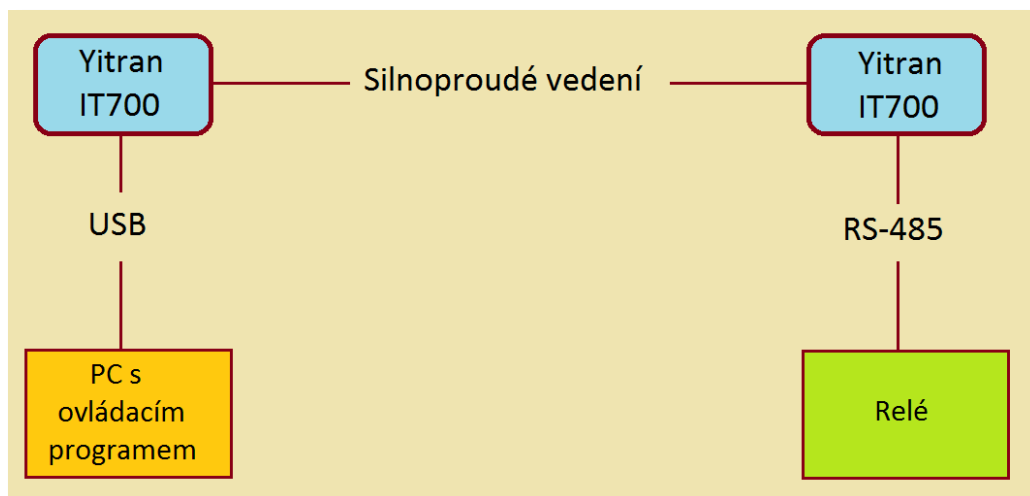


Obr. 7.9: Uložení aktuálních parametru do NVRAM

7. Pro aplikaci nově nastavených parametrů je třeba restartovat modem. Můžeme to udělat příkazem CA 02 00 00 20 22 v programu The Terminator anebo tlačítkem na modemu.

8 Komponenty systému a dodatečné nástroje

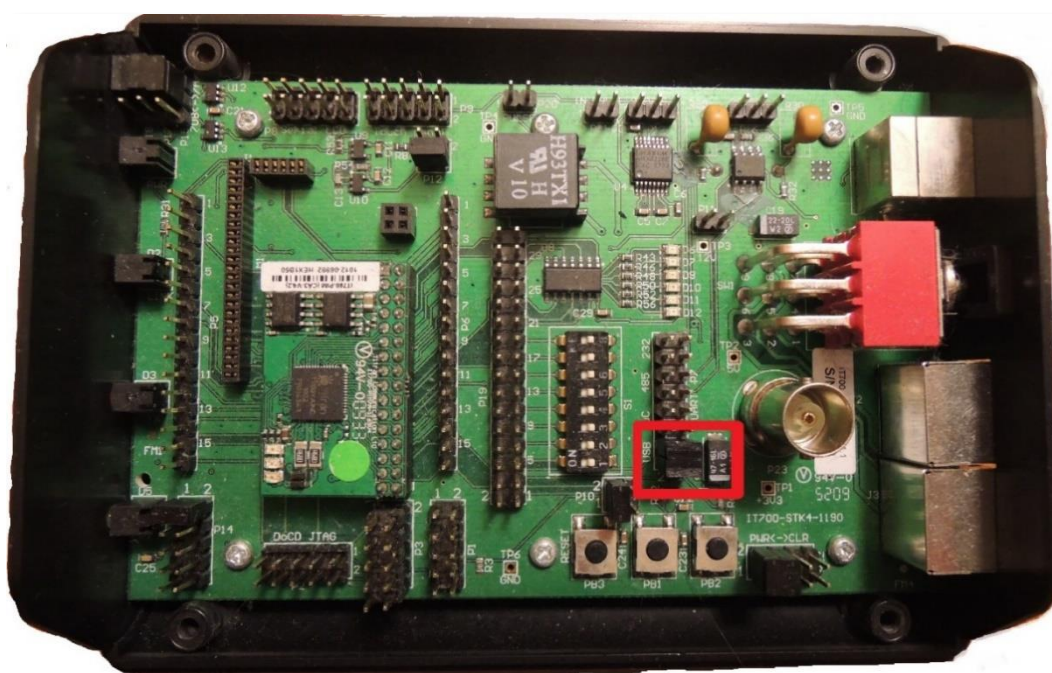
Na následujícím obrázku je znázorněno blokové schéma zapojení přístrojů použitých v praktické části bakalářské práce.



Obr. 8.1: Schéma dálkového ovládání pomocí PLC modemu

8.1 Připojení počítače k modemu

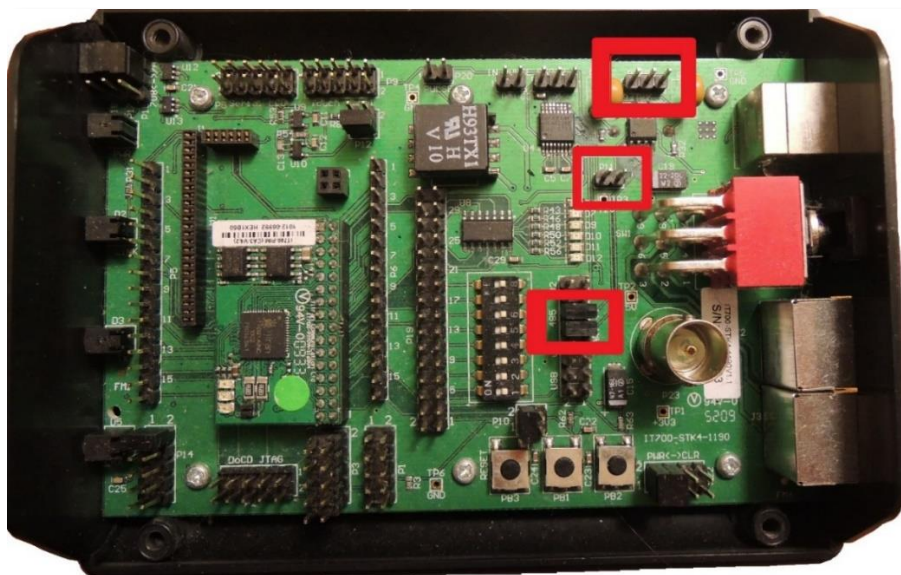
Pro připojení počítače musíme pomoci jamperu P7 na modemu nastavit režim komunikace na USB (viz obr. 8.2).



Obr. 8.2: Nastavení modemu v režim USB

8.2 Připojení relé k modemu

Pro modem, ke kterému je připojené relé, musíme pomoci jamperu P7 zvolit režim RS485 (dolu), zavřít jamper P11 (uprostřed) a připojit piny relé na konektor P16 (nahore) (viz obr. 8.3 a tab. 8.1).



Obr. 8.3: Nastavení modemu do režimu RS485

Tab. 8.1: Konektor RS485 na modemu [10]

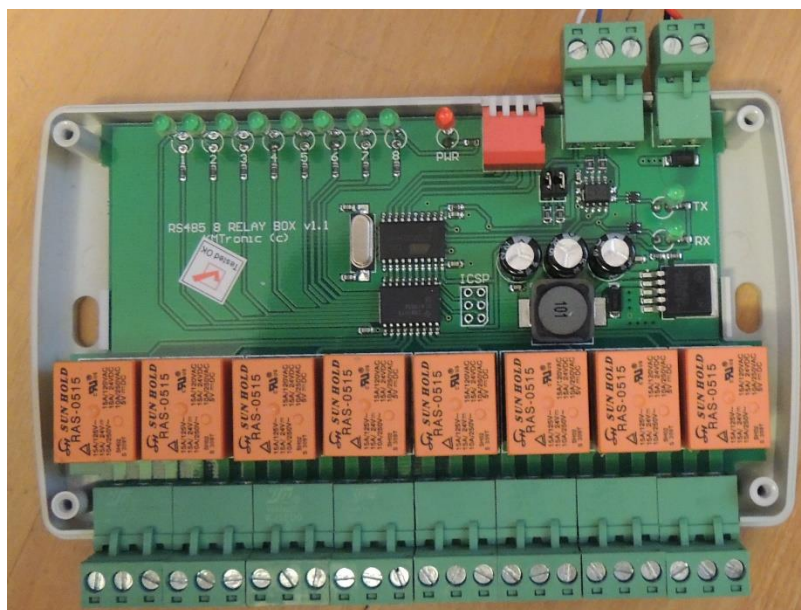
Pin	Funkcionalita
1	A
2	GND
3	B

Na následujícím obrázku 8.4 je vidět reálné zapojení relé s modemem. Ovládat tímto modemem budeme z počítače, kde nainstalován ovládací program, a který je připojen k jinému modemu. Ten modem je připojen do libovolné zásuvky v rámci dosahu přenosu dat.



Obr. 8.4: Fyzické zapojení relé

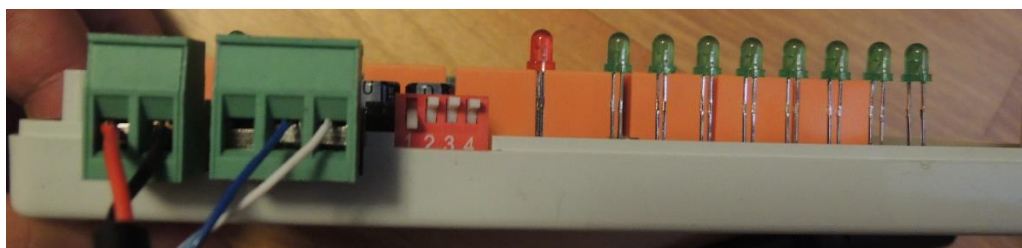
8.3 Relé KMTronic (RAS-0515)



Obr. 8.5: Relé KMTronic

Sběrnice RS-485 může pokrývat vzdálenost do 1200 metrů. Potřebné napětí je 12V DC a minimálně 600 mA. Každé relé má LED diodu pro indikaci. Relé mají Normally Open (NO) a Normally Closed (NC) kontakty pro napětí: 12V/24V DC 15A anebo 125V/250V AC 7A maximum.

Tato verze relé má možnost změny ID (z ID 01 do ID 15) ručně přes DIP přepínač, který se nachází vedle RS485 konektoru. Při použití více než jednoho relé je nutné řešit problém směrování. V tomto relé je to vyřešeno přes DIP přepínač, který v závislosti na počtu relé v síti je potřeba správně nastavit. Spočítat správnou polohu DIP přepínače můžeme pomocí různých online nástrojů [22].



Obr. 8.6: DIP přepínač

Komunikační parametry relé: 8 Datových bitů, 1 Stop bit, paritní není. Baud rate : 9600.

Podporované příkazy:

- Pro první kanál:
 - OFF příkaz: FF 01 00 (HEX) anebo 255 1 0 (DEC)
 - ON příkaz: FF 01 01 (HEX) anebo 255 1 1 (DEC)
- ...
- Pro osmý kanál:
 - OFF příkaz: FF 08 00 (HEX) anebo 255 8 0 (DEC)
 - ON příkaz: FF 08 01 (HEX) anebo 255 8 1 (DEC)

8.4 Programátor DCD

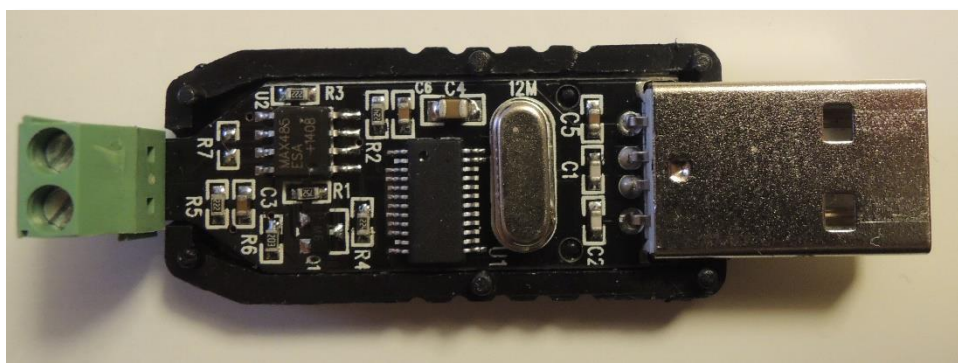
Programátor DCD od společnosti Digital Core Design pro konektor JTAG. Sloužil pro nahrávání potřebných firmwarů do modemů Yitran.



Obr. 8.7: Programátor DCD

8.5 Převodník USB-RS485

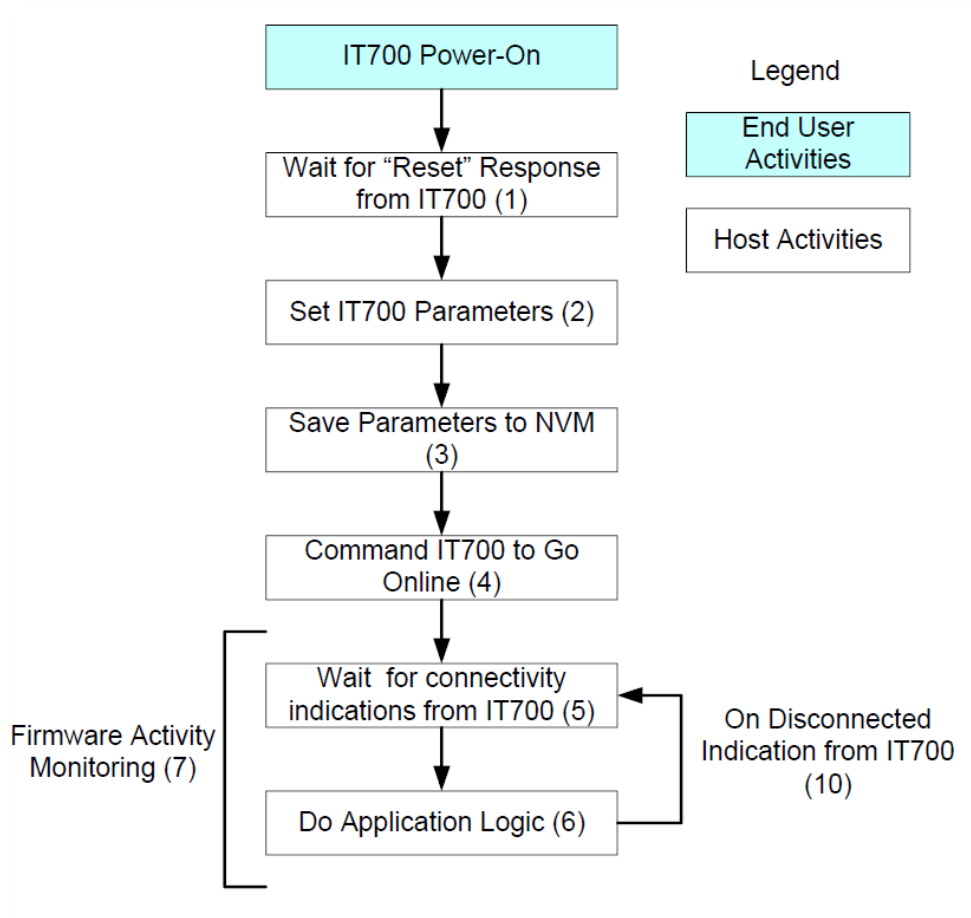
Převodník USB-RS485 CH341SER sloužil k zachycení výstupních příkazů na sběrnice RS485 modemu při testování funkčnosti aplikace pro ovládání relé.



Obr. 8.8: Převodník USB-RS485

9 Základní principy vývoje PC aplikace pro modemy IT700

Následující obrázek ilustruje high-level popis procedury, kterou je nutné dodržet, aby PC aplikace vytvořila logickou síť a povolila posílání a přijímání paketů mezi modemy v síti modemů IT700, které mají defaultní konfiguraci.



Obr. 9.1: Základní struktura aplikace [9]

- (1) Pro detekci probuzení modemu IT700.
- (2) Tento krok je potřebný pro to, aby bylo možné přepsat defaultní nastavení modemu po prvním zapnutí, pro napravení nekonzistentně nastavených parametrů.
- (3) Posláním speciálního příkazu uložit nové nastavení do vnitřní paměti modemu (NVM).
- (4) Poslat „Go online“ příkaz. Po úspěchu na modemu budou přístupná data a řídicí služby pro PC aplikaci.
- (5) U RS je potřeba počkat na potvrzení od modemu o připojení k NC. Pak modem je připraven na posílání paketů do NC

U NC je potřeba počkat na potvrzení od modemu o přiřazení Network ID. Pak NC je připraven na připojení dalších RS. Od této doby NC bude vždy informován o připojení nového RS do sítě a navázání spojení s ním.

- (6) Provádění aplikační logiky, která zahrnuje posílání příkazů a přijetí odpovědí od modemu.
- (7) Je doporučeno pro větší spolehlivost periodicky polovat modem s NOP příkazem a verifikaci správné odpovědi
- (8) Jestli PC aplikace je připojena na RS, tak navíc musí monitorovat i připojení RS k NC. [9]

9.1 Sady příkazů

Základní typy operací při komunikaci mezi modemem a PC aplikací:

- *žádost*: PC aplikace odešle na modem žádost o provedení příkazu.
- *odpověď*: Modem odešle PC aplikaci odpověď s informací o provedení příkazu.
- *signalizace*: Modem signalizuje PC aplikaci o vzniku důležité události v síti.

Příkazy posílané modemu jsou rozděleny do několika skupin:

- *základní služby*: provádění základních systémových služeb jako je například uvolnění paměti, čtení nebo zápis do NVM a zjištění verze firmwaru.
- *stakové služby*: zajištění operace jako reset modemu, připojení a dalších operací v Y-NET staku.
- *konfigurační a monitorovací služby*: nastavování, zjišťování anebo uložení konfiguračních parametrů modemu.
- *NL řídicí služby*: monitorování NL parametrů, informování PC aplikace o událostech v síti.
- *datové služby*: zajištění odesílání a přijímání datových paketů.

9.2 Obecná struktura příkazu

Tab. 9.1: Obecná struktura příkazu [7]

Pole	Rozměr (bytes)	Podpole	Rozměr (bity)	Hodnota	Popis
Startovací byte	1			0xCA	Konstantní hodnota pro všechny příkazy
Délka	2	LSB	8		Počet bytů (sem se nepočítá startovací byte a kontrolní součet)
		MSB	8		
Typ	1	Verze protokolu	5	0-31	Pro modemy IT700 to je 0
		Typ paketu	3	0-žádost 1-odpověď 2-signalizace	
Opcode	1	Typ servisu	3	0 <i>základní služby</i> 1 <i>stakové služby</i> 2 <i>konfigurační a monitorovací služby</i> 5 <i>NL řídicí služby</i> 3 <i>datové služby</i>	Poličko Opcode pro „Odpověď“ bude stejně jako Opcode „žádosti“, na kterou odpovídá.

Pole	Rozměr (bytes)	Podpole	Rozměr (bity)	Hodnota	Popis
		Podtyp	5	0-31	
Příkaz(data)	N				Pro každý příkaz je svůj popis
Kontrol ní součet	1			0-0xFF	Pro kontrolní součet se využívají všechna políčka kromě startovacího bytu a kontrolního součtu

9.3 Detailní popis využitých příkazů

9.3.1 Go online request

Tab. 9.2: Detailní popis příkazu Go online request [7]

Startovací byte	Délka		Typ	Opcode	Kontrolní součet
0xCA	0x02	0x00	0x00	0x22 (000 10110)	0x24

9.3.2 Go online response

Tab. 9.3: Detailní popis příkazu Go online response [7]

Startovací byte	Délka		Typ	Opcode	Příkaz(data)	Kontrolní součet
0xCA	0x03	0x00	0x01	0x22 (000 10110)	0x00 (failed) 0x01(success)	

9.3.3 Paket Tx

Tento paket se využívá při posílání dat z PC Aplikace do PLC. Obecná struktura je popsána tabulkou 9.4.

Tab. 9.4: Obecný popis příkazu Tx [7]

Startovací byte	Délka		Typ	Opcode	Příkaz(data)	Kontrolní součet
0xCA	LSB	MSB	0x00	0x60	viz tab. 9.5	

Detailní popis najdete v následující tabulce 9.5. Pole „příkaz (data)“ je tam rozepsáno na podpolíčka. Pořadí je podstatné.

Tab. 9.5: Detailní popis příkazu Tx [7]

Pole	Počet bytů	Popis	Hodnota
Startovací byte	1		0xCA
Délka	2	Příkaz (data) + 2	1st Byte: LSB 2nd Byte: MSB
Typ	1	Požadavek (request)	0x00
Opcode	1		0x60
Data Service Type	1	0 – Intranetworking Broadcast 1 – Intranetworking Unicast 2 – Intranetworking Unicast over S/N 3 – Internetworking Broadcast 4 – Internetworking Unicast	0 – 4
Priority	1	0 – Normální (doporučeno využívat ve většině případů) 1 – Vysoká 2 – Nejvyšší	0 - 2
Ack Service	1	0 – No ACK 1 – ACK required	0 - 1
Hops	1	Maximální počet hops pro opakovaný paket.	1 – Max_Network_Depth
Gain	1	Transmitter gain value. 0 is lowest, 7 is highest.	0 – 7
Tag	2	Session tag value, which helps to identify the command answer.	1 – 65535
Encrypt	1	0 – není encrypted 1 - encrypted	0 - 1
Destination Port	1	Target application port	0 – 15
Destination Address	N	<ul style="list-style-type: none"> Data Service Type je 1 Používá se krátká adresa destinace (N=2) Data Service Type je 2 nebo 4 Používá se S/N adresa destinace (N=16) Data Service Type je 0 nebo 3 Toto pole se vypustí (N=0) 	0 - 4
Payload	L	Packet payload	1–1760
Checksum	1		

10 Popis programu

10.1 Obecný popis

Pomocí paketu Lazarus (open source IDE pro vývoj v Pascal byla využita z licenčních důvodů) byla vytvořena aplikace pro ovládání relé přes PLC. Aplikace dovoluje připojit se k virtuálnímu sériovému portu a posílá příkazy pro inicializaci NC a provádí ověření spojení. Po provedení těchto základních operací už je možné dálkové ovládání relé. Kromě toho aplikace dovoluje posílat i jiné příkazy zapsané v HEX formátu.

Při vývoje byla využita grafická knihovna LCL a knihovna pro práci se sériovým portem Synapse4. Aplikace využívá multiplatformní komponenty a může být zkompileována pro Win32/Win64 a Linux32/Linux64.

Z architekturního hlediska aplikace se skládá ze dvou vláken. Hlavní vlákno představuje uživatelské rozhraní a vedlejší vlákno pracuje na pozadí a stará se přímo o komunikaci s modemem. Knihovna Synapse4 poskytuje třídu pro práci se sériovým portem, která obsahuje jen blokující operaci.

10.2 Popis funkcionality

Program umožňuje ovládat relé přes grafické rozhraní. Na začátku je potřeba vybrat virtuální sériový port, na kterém se relé nachází, a otevřít ho stisknutím tlačítka „Open“. Při otvírání rovněž proběhne prvotní inicializace modemu.

Zobrazení nadpisu „65535 node Found“ znamená, že inicializace NC modemu proběhla úspěšně a můžeme pokračovat dále. V opačném případě musíme zkontrolovat nastavení a zkusit znova.

Dále zaškrtněte políčko „Enable Editing“, které umožňuje přidávat a odebírat sloupce v ovládacím panelu. Ovládací panel obsahuje následující sloupce:

- Relay name – umožňuje napsat libovolný název, který zjednoduší práci s velkým počtem relé.
- DEV # - číslo zařízení (relé).
- CH # - číslo kanálu na každém relé, které chceme ovládat.
- Zapnutí a vypnutí se provádí pomocí háčku.

Pro jednoduchost ovládání, dole jsou dvě tlačítka pro vypnutí a zapnutí všech dostupných kanálů na relé.

Dokonce pro případ nouze je přístupný příkazový řádek, kam je možné zadávat vlastní nestandardní příkazy na relé (směrovací informace program doplní automaticky). Příkazy musí být zadané ve formátu HEX.

USB relay control
⌵
⌵
✖

Host port

COM3

Open

Close

Node Settings
Dest ID SID

65535

0

37 37 00 00 FF FF E8

Reply: 01 60 01 01 00 37 37

65535 node Found!

Relay Map
Total Items
☐ Enable Editing

8

Read

☐ Auto

Relay Name	Dev#	Ch#	State
control.csv	1	1	<input checked="" type="checkbox"/>
	1	2	<input checked="" type="checkbox"/>
	1	3	<input checked="" type="checkbox"/>
	1	4	<input checked="" type="checkbox"/>
	1	5	<input checked="" type="checkbox"/>
	1	6	<input checked="" type="checkbox"/>
	1	7	<input checked="" type="checkbox"/>

Command (HEX)

HexCMDLine

Send

All ON

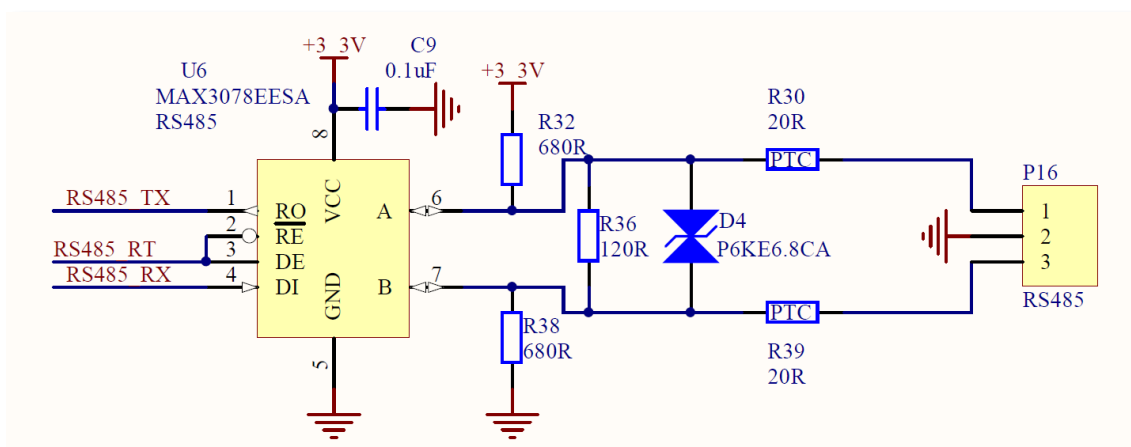
All OFF

Obr. 10.1: Uživatelské rozhrání aplikace pro ovládání relé

11 Nevyřešené problémy

Během praktického testování bylo zjištěno, že přenos dat přes rozhraní RS 485 nefunguje do doby, pokud pin GND nespojíme s nějakou zemí. Zajímavé je, že to zapojení musíme provést během přenosu dat, protože připojení země na tento pin na tvrdou neřeší daný problém. Předpokládaný směr řešení daného problému: změna hodnoty koncové impedance nebo jí odpojení z obvodu modemu.

Výrobce relé uvádí, že s krátkými spojeními RS485, jak byly využity v praktickém zapojení, je možné se obejít i bez koncové impedance. [21] Ale to nebylo otestováno, protože relé podporuje jednoduché odpojení koncové impedance pomocí jumperů, ale modem takovou možnost nemá a tohle je možné provést jenom pájením.



Obr. 11.1: Elektrické schéma zapojení RS485 na modemu [18]

ZÁVĚR

Úzkopásmová PLC technologie pro nízkou rychlost přenosu dat je použitelná v oblasti přenosu služebních informací anebo pro aplikace, které nevyžadují přenos velkých objemů dat.

V této bakalářské práci byl popsán modem Yitran IT700, který pracuje s komunikačními rychlostmi 2,5 Kb/s v pásmech CENELEC a s komunikačními rychlostmi 7,5 Kb/s v pásmech FCC a ARIB, rovněž může pracovat v režimu Peer-to-Peer a Point-to-MultiPoint.

Během praktického měření byl změřen vliv spotřebičů na ztrátovost paketů (chybovost přenosu) a vliv vzdálenosti na chybovost a rychlost přenosu. Bylo stanoveno, že spotřebiče mají velký vliv na chybovost přenosu. Z toho důvodu, při plánování trasy přenosu dat, je potřeba se snažit plánovat komunikační trasu tak, aby se trasa vyhnula uzlům s velkým příkonem (například serverové uzly).

Výrobce PLC modemů přímo neuvádí vzdálenost, na které jejich modemy spolehlivě fungují. Pouze je uvedeno, že při ideálních podmínkách vzdálenost může dosahovat několika kilometrů. Pod ideálními podmínkami výrobce uvádí: žádná impedance v síti, žádný tekoucí proud, měděné stíněné dráty, celé dráty, společná zem pro celou komunikační linku, rovněž velký vliv má počasí – při nízké teplotě a velké vlhkosti dochází ke snížení vzdálenosti a růstu ztrátovosti. V reálných sítích jsou výsledky horší.

Bylo stanoveno, že optimální vzdálenost pro přenos dat pomocí modemu Yitran IT700 je kolem 50 metrů v budově T12. Při větší vzdálenosti se začínají objevovat chyby, což vede ke snížení rychlosti. Pro vzdálenost nad 90 metrů komunikace mezi modemy vůbec neproběhla.

Vzdálenost 50 metrů je platná pro režim Peer-to-Peer, ale když modemy jsou zapojeny do režimu Point to Multipoint, pak vzdálenost je možné podstatně zvětšit, protože každý modem má funkce opakovače. Podle technické dokumentace Yitran IT700 jeden paket může udělat maximálně 8 skoků od počáteční stanice do cílové stanice. Tím pádem v reálném zapojení sít může mít dosah kolem 400m.

Pro splnění praktického úkolu bakalářské práce byl napsán vlastní program. Daný program umožňuje snadné ovládání jednoho nebo více relé připojených přes rozhraní RS485. Pro vývoj bylo využito vývojové open source prostředí LAZARUS, které umožňuje zkompileovat projekt pro různé platformy Linux32/Linux64, Win32/Win64. Aplikace poskytuje možnost ovládání každým kanálem zvlášť anebo společně. Navíc poskytuje možnost uživateli posílat příkazy na relé ve formátu HEX zapsané ručně.

SEZNAM OBRÁZKŮ

OBR. 3.1: PŘEDNÍ STRANA YITRAN IT700.....	14
OBR. 3.2: ZADNÍ STRANA YITRAN IT700.....	14
OBR. 3.3: SROVNÁNÍ ISO/OSI A Y-NET MODELU	15
OBR. 3.4: STROMOVÉ TOPOLOGIE, NC A RS	16
OBR. 4.1: NASTAVENÍ MODEMU.....	18
OBR. 4.2: KOMUNIKACE MEZI MODEMY PROBĚHLA ÚSPĚŠNĚ.....	18
OBR. 4.3: NASTAVENÍ PŘENOSU DAT V PROGRAMU PLC STUDIO	19
OBR. 4.4: SCHÉMA ZAPOJENÍ.....	20
OBR. 4.5: ZÁVISLOST CHYBOVOSTI NA VZDÁLENOSTI.....	21
OBR. 4.6: ZÁVISLOST RYCHLOSTI NA VZDÁLENOSTI A DÉLCE PAKETŮ	21
OBR. 5.1: ZAPOJENÍ PROGRAMÁTORU	22
OBR. 5.2: NASTAVENÍ DOCD PRO NAHRÁNÍ NOVÉHO FIRMWARE, KROK 1	23
OBR. 5.3: NASTAVENÍ DOCD PRO NAHRÁNÍ NOVÉHO FIRMWARE, KROK 2	23
OBR. 5.4: NASTAVENÍ DOCD PRO NAHRÁNÍ NOVÉHO FIRMWARE, KROK 3	24
OBR. 5.5: NASTAVENÍ DOCD PRO NAHRÁNÍ NOVÉHO FIRMWARE, KROK 4	24
OBR. 5.6: NASTAVENÍ DOCD PRO NAHRÁNÍ NOVÉHO FIRMWARE, KROK 5	25
OBR. 5.7: NASTAVENÍ DOCD PRO NAHRÁNÍ NOVÉHO FIRMWARE, KROK 6	25
OBR. 5.8: NASTAVENÍ DOCD PRO NAHRÁNÍ NOVÉHO FIRMWARE, KROK 7	26
OBR. 5.9: NASTAVENÍ DOCD PRO NAHRÁNÍ NOVÉHO FIRMWARE, KROK 8	26
OBR. 5.10: NASTAVENÍ DOCD PRO NAHRÁNÍ NOVÉHO FIRMWARE, KROK 9	27
OBR. 5.11: NASTAVENÍ DOCD PRO NAHRÁNÍ NOVÉHO FIRMWARE, KROK 10	27
OBR. 5.12: NASTAVENÍ DOCD PRO NAHRÁNÍ NOVÉHO FIRMWARE, KROK 11	28
OBR. 5.13: NASTAVENÍ DOCD PRO NAHRÁNÍ NOVÉHO FIRMWARE, KROK 12	28
OBR. 6.1: POČÁTEČNÍ KONFIGURACE PLC STUDIO	29
OBR. 7.1: KONTROLA COM PORTŮ NA POČÍTAČE.....	30
OBR. 7.2: NASTAVENÍ RYCHLOSTI V PROGRAMU TERMINATOR	31
OBR. 7.3: NASTAVENÍ FORMÁTU PŘENOSU DAT	31
OBR. 7.4: NASTAVENÍ FORMÁTU PŘENOSU DAT	32
OBR. 7.5: TESTOVÁNÍ SPOJENÍ POČÍTAČE S MODEMEM	32
OBR. 7.6: NASTAVENÍ RYCHLOSTÍ MODEMU PŘI SPOJENÍ S HOST INTERFACE NA 9600KB/S	33
OBR. 7.7: NASTAVENÍ RYCHLOSTÍ MODEMU PŘI SPOJENÍ S HOST INTERFACE NA 38 400KB/S	33
OBR. 7.8: OTESTOVÁNÍ RYCHLOSTÍ SPOJENÍ MODEMU S HOST INTERFACE	34
OBR. 7.9: ULOŽENÍ AKTUÁLNÍCH PARAMETRU DO NVRAM	34
OBR. 8.1: SCHÉMA DÁLKOVÉHO OVLÁDÁNÍ POMOCI PLC MODEMU	35
OBR. 8.2: NASTAVENÍ MODEMU V REŽIM USB.....	35
OBR. 8.3: NASTAVENÍ MODEMU DO REŽIMU RS485	36
OBR. 8.4: FYZICKÉ ZAPOJENÍ RELÉ	36
OBR. 8.5: RELÉ KMTRONIC	37
OBR. 8.6: DIP PŘEPINÁČ	37
OBR. 8.7: PROGRAMÁTOR DCD.....	38
OBR. 8.8: PŘEVODNÍK USB-RS485	38
OBR. 9.1: ZÁKLADNÍ STRUKTURA APLIKACE [9]	39
OBR. 10.1: UŽIVATELSKÉ ROZHRÁNÍ APLIKACE PRO OVLÁDÁNÍ RELÉ.....	44
OBR. 11.1: ELEKTRICKÉ SCHÉMA ZAPOJENÍ RS485 NA MODEMU [18]	45

SEZNAM TABULEK

TAB. 4.1: STATISTIKA ODESÍLANÝCH PAKETŮ	19
TAB. 4.3: VLIV IMPEDANCE V SÍTÍ NA PŘENOS DAT	19
TAB. 8.1: KONEKTOR RS485 NA MODEMU [10]	36
TAB. 9.1: OBECNÁ STRUKTURA PŘÍKAZU [7]	40
TAB. 9.2: DETAILNÍ POPIS PŘÍKAZU GO ONLINE REQUEST [7]	41
TAB. 9.3: DETAILNÍ POPIS PŘÍKAZU GO ONLINE RESPONSE [7]	41
TAB. 9.4: OBECNÝ POPIS PŘÍKAZU TX [7]	41
TAB. 9.5: DETAILNÍ POPIS PŘÍKAZU TX [7]	42

LITERATURA

- [1] CENELEC EN 50065-1: *Signalizace v instalacích nízkého napětí v kmitočtovém rozsahu 3 kHz až 148,5 kHz*. [s.l.]: [s.n.], 2002. - s.
- [2] CERCELLE, X. *Powerline communications in practice*. Boston: Artech House, c2006. ISBN 978-1-59693-335-4
- [3] Vyšší techniky datových přenosů. *Laboratorní úloha č.8 - PLC modemy*. Brno: VUT v Brně, 2013.
- [4] DOSTERT, K. *Powerline Communications*. Upper Saddle River, NJ 07458: Prentice Hall PTR, 2001, 338 s. ISBN 0-13-029342-3
- [5] *HomePlug Command & Control (C&C) Overview White Paper*. [online]. 2008. [cit.21.2.2015]. Dostupné z URL: <<http://www.yitran.com/index.aspx?id=3413>>.
- [6] HRASNICA, H; HAIDINE, A., LEHNERT, R. *Broadband Powerline Communications Network design*. John Wiley & Sons Ltd, 2004, 290 s. ISBN: 978-0-470-85741-0
- [7] *IT700 Host Interface Command Set User Guide*. Israel: Yitran, 2009. 116 s.
- [8] *IT700 PLC Studio User Manual*. Israel: Yitran, 2009. 60 s.
- [9] *IT700 Programmer's Guide*. Israel: Yitran, 2011. 146 s.
- [10] *IT700 STK4 (Starter Kit) User Manual*. Israel: Yitran, 2011. 23 s.
- [11] *IT700 Technical Overview*. [online]. 2015 [cit.21.2.2015]. Dostupné z URL: <<http://www.yitran.com/index.aspx?id=3369>>.
- [12] KRETEK, F. *Inteligentní systémy hromadného sběru dat v energetických sítích: bakalářská práce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2012. 51 s. Vedoucí práce Doc. Ing. Jiří Mišurec, CSc.
- [13] MIŠUREC, J; MLÝNEK, P. *Systémy PLC pro dálkový sběr dat*. [online]. 2009, roč. 2009, č. 1 [cit.20.02.2015]. Dostupné z URL: <<http://www.elektrorevue.cz/cz/clanky/komunikacni-technologie/55/systemy-plc-pro-dalkovy-sber-merenych-dat>>.
- [14] ŠÁDEK, M. *Datové přenosy po silových vedeních: bakalářská práce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2009. 75 s. Vedoucí práce doc. Ing. Jiří Mišurec, CSc.
- [15] VALENTA, J. *Úzkopásmový přenos dat po energetických sítích: bakalářská práce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2009. 50 s. Vedoucí práce Ing. Petr Mlýnek.
- [16] KOLÁŘ, J. *Technologie PLC v systémech sběru dat: bakalářská práce*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2009. 55 s. Vedoucí práce doc. Ing. Jiří Mišurec, CSc.
- [17] ŠEBESTA, V.; SMÉKAL, Z. *Signály a soustavy: skriptá*. Brno: VUT v Brně, 2003. 165 s.
- [18] *IT700 STK4 Schematic Drawing*. Israel: Yitran, 2010. 1 s.
- [19] *IT700 Y-NET Package Quick Start*. Israel: Yitran, 2009. 26 s.
- [20] *Y-NET Protocol Stack Overview*. Israel: Yitran, 2009. 28 s.
- [21] *RS485 8 Channel Relay Board*. [online]. 2015 [cit.21.2.2015]. Dostupné z URL: <<http://kmtronic.com/kmmanuals.html>>.
- [22] <<http://www.sabretechnology.co.uk/downloads/dipcalc.swf>>.

SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK

ARIB	Association of Radio Industries and Businesses
BPL	Broadband over power line
CA	Collision Avoidance
CENELEC	European Committee for Electrotechnical Standardization
CSMA	Carrier Sense Multiple Access
DCSK	Differential Code Shift Keying
DoCD	DCD on Chip Debugger
ERM	Extra robust mode
FCC	Federal Communications Commission
NC	Network concentrator
NL	Network Layer
NPL	Narrowband over power lines
P2MP	Point-to-MultiPoint
P2P	Point-to-Point/Peer-to Peer
PHY	Physical Layer
PIM	Plug-in module
PLC	Power line communication
QoS	Quality of services
RM	Robust mode
RS	Remote station
SM	Standard mode
SoC	System-on-Chip

OBSAH ELEKTRONICKÉ PŘÍLOHY

Přiložené CD obsahuje následující soubory:

- bakalarska_prace.pdf (text práce)
- control.exe (aplikace Windows)
- control.ini (konfigurační soubor)
- control (aplikace Linux)
- src_application_with_lib.zip (zdrojové kódy)
- firmware.zip (firmware pro NC a RS)